

Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

IT.PRL.05.28 - Rev. 1.0

Verniciature anticorrosive

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Direttore Ingegneria e Verifiche	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	GIU. 2021

Sommario

1	PREMESSA.....	6
1.1	DEFINIZIONI.....	6
1.2	AMBIENTI OPERATIVI	7
1.3	DEFINIZIONE DEL SUPPORTO O SUBSTRATO.....	7
1.4	CRITERI PER LA SCELTA DEL CICLO DI PITTURA.....	7
1.5	DURABILITÀ	7
1.6	DESIGN ED IMPERFEZIONI SUPERFICIALI DEL SUPPORTO.....	8
1.7	PITTURE E MATERIALI DI RIVESTIMENTO.....	8
1.8	STOCCAGGIO E CONSERVAZIONE DELLE PITTURE	9
1.9	CONDIZIONI AMBIENTALI.....	9
1.10	VENTILAZIONE E DEUMIDIFICAZIONE.....	10
1.11	PROTEZIONI.....	10
2	PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI	10
2.1	ATTREZZATURE PER SABBIATURA	11
2.2	PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI IN ACCIAIO NON RIVESTITO	11
2.3	PREPARAZIONE DI SUPERFICI IN ACCIAIO ZINCATO A CALDO	12
3	PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI VERNICIATE.....	12
3.1	ZINCATURA A CALDO	13
3.2	APPLICAZIONE DELLE PITTURE ED ALTRI RIVESTIMENTI.....	13
3.2.1	APPLICAZIONE A SPRUZZO	14
3.2.1.1	Stripe Coating.....	14
3.2.2	APPLICAZIONE A PENNELLO.....	14
3.2.3	APPLICAZIONE A RULLO	14
3.2.4	SPESSORE DEL FILM BAGNATO (WFT) E SECCO (DFT).....	14
3.3	RIPARAZIONE DEI DIFETTI	14
3.4	SICUREZZA E PROTEZIONE DELL'AMBIENTE	16
4	ACCETTAZIONE DEI MATERIALI E QUALIFICA DEI CICLI DI PITTURA.....	16
4.1	REQUISITI DI GESTIONE E GARANZIA DELLA QUALITÀ.....	17
4.2	CONTROLLO QUALITÀ	18
4.2.1	CERTIFICAZIONE E FORMAZIONE DEL PERSONALE	18

4.2.2	CONTROLLO DEL PROCESSO DI PITTURAZIONE	19
4.2.3	CONTROLLI PRELIMINARI	19
4.2.4	CONTROLLI IN CORSO D'OPERA.....	19
4.2.5	CONTROLLI FINALI.....	20
4.3	DOCUMENTI DA PRODURRE NEL CORSO DEI LAVORI.....	21
4.4	DOCUMENTI DA PRODURRE AL TERMINE DEI LAVORI.....	21
5	NORME PER LA MISURAZIONE E LA CONTABILIZZAZIONE DEI LAVORI.....	22
5.1	NORME GENERALI	22
5.2	CRITERI DI MISURA DELLE CARPENTERIE METALLICHE.....	22
5.3	CRITERI DI MISURA DELLE SUPERFICI VERNICIATE.....	23
5.3.1	CARPENTERIE METALLICHE.....	23
5.3.2	CARPENTERIE ASSEMBLATE (LAVORI DA ESEGUIRE IN STABILIMENTO)	23
5.3.3	PIASTRE SCOLTO, FLANGE ED ASSIMILATI	23
5.3.4	LAMIERE CON SALDATI PROFILATI DI RINFORZO	23
5.3.5	LAMIERE STRIATE	24
5.3.6	LAMIERE STRIATE E RETI.....	24
5.3.7	GRIGLIATI.....	24
5.3.8	LAMIERE GRECATE ED ONDULATE	24
5.3.9	CURVE SCOLTE.....	24
5.3.10	SPESSORE DEI FORI PER BULLONATURE NEI PROFILATI.....	24
5.3.11	PITTURAZIONI A PENNELLO	24
6	ALLEGATO 1.....	26
6.1	CICLO A	26
6.2	CICLO B1	27
6.3	CICLO B2.....	28
6.4	CICLO C	29
6.5	CICLO D.....	30
6.6	CICLO E.....	31
6.7	CICLO M1	32
6.8	CICLO M2.....	33
6.9	CICLO M3.....	34
6.10	CICLO M4.....	35
6.11	CICLO M5.....	36
6.12	CICLO M6.....	37

7	ALLEGATO 2.....	38
7.1	TEST DI CARATTERIZZAZIONE DELLE SINGOLE PITTURE COSTITUENTI I CICLI.	38

1 PREMESSA

Il presente capitolo definisce i requisiti minimi funzionali per la preparazione delle superfici, l'applicazione, la fornitura, la caratterizzazione ed il collaudo dei rivestimenti protettivi (coatings) da applicare sulle superfici esterne ed interne di strutture in acciaio che dovranno essere protette contro la corrosione.

Tali specifiche sono da intendersi generali e non riferite ad uno specifico progetto; pertanto, si dovrà tener conto e valutare le esigenze particolari del progetto in considerazione dei seguenti fattori:

- Vita di progetto richiesto per la struttura e relativi componenti;
- Ambiente operativo e condizioni di esercizio della struttura e dei relativi componenti;
- Altri requisiti specifici di progetto

Sulla base dei requisiti previsti nelle presenti norme tecniche, l'Appaltatore dovrà predisporre una "Procedura di lavoro" nella quale dovranno essere descritte in dettaglio le procedure e le metodologie operative relative ad ogni singola lavorazione e attività (sabbatura, applicazione del rivestimento, pulizia, cicli di pittura selezionati, ispezioni, ecc.).

Tale "Procedura di lavoro" prima di diventare operativa, dovrà essere sottoposta alla Direzione Lavori per approvazione.

1.1 DEFINIZIONI

- Ciclo di pittura: La somma totale di mani di pitture o similari che deve essere applicata o è stata applicata su un supporto per fornire una protezione anticorrosiva.
- Colorificio: Il produttore o il fornitore della pittura.
- Dry-spray: Fenomeno che si può verificare durante l'applicazione a spruzzo di una pittura. Particelle secche (pulviscolo) di pittura nebulizzata si depositano su zone da pitturare o già pitturate, ma non ancora essiccate, rendendo la superficie rugosa ed opaca, dando origine ad un possibile difetto di adesione.
- Impronta digitale: Metodo di identificazione di una pittura mediante analisi di laboratorio del peso specifico, del contenuto solido, del contenuto di pigmento, spettrogramma infrarosso del film di pittura applicato, ecc.
- Pittura: Qualsiasi materiale o composizione liquida, liquefabile, mastice in grado di convertirsi dopo l'applicazione, in una solida ed aderente pellicola.
- Qualifica: Processo di valutazione dei cicli di pittura mediante l'analisi di documenti tecnici e l'esecuzione di determinati test di laboratorio che permettono di ritenere il ciclo di pittura conforme ai requisiti richiesti.
- Scheda Ciclo: Il ciclo di pittura definito, in allegato, nel presente documento per il quale si richiede la qualifica.
- Scheda di sicurezza o SDS (Safety Data Sheet): Documento pubblicato dal colorificio nel quale sono riportati tutti gli aspetti relativi alla salute e sicurezza dei materiali di rivestimento e diluenti.
- Scheda tecnica prodotto o TS (Technical Sheet): Documento pubblicato dal colorificio nel quale sono riportate le caratteristiche del prodotto, le tecniche d'impiego, le istruzioni per l'applicazione e per l'immagazzinamento.

- Stripe-coat: Mano addizionale di pittura applicata, preferibilmente a pennello, su zone di difficile accesso e su saldature, spigoli, bordi, bulloni, dadi, ecc. per assicurare il corretto spessore del ciclo di pittura.
- Supporto o Substrato: Superficie solida sulla quale la pittura e/o il materiale metallico deve essere applicato o è stato applicato.
- Dry Film Thickness o DFT: Spessore del film secco.
- Wet Film Thickness o WFT: Spessore del film umido.
- Nominal Dry Film Thickness o NDFT: Spessore nominale del film secco.

1.2 AMBIENTI OPERATIVI

In accordo alla classificazione degli ambienti corrosivi, riportati nello standard UNI EN ISO 12944-2, le categorie di corrosività considerate nella Specifica sono le seguenti:

- C3: Strutture in ambienti a bassa aggressione da cloruri o a modesto inquinamento da anidride solforosa
- C4: Strutture in ambienti a moderata aggressione da cloruri, ambiente urbano e ad alto inquinamento da anidride solforosa
- C5: Strutture in ambienti con forti sbalzi termici, ambiente industriale ed alta aggressione da cloruri, alta radiazione UV

1.3 DEFINIZIONE DEL SUPPORTO O SUBSTRATO

I diversi tipi di supporto considerati nella Specifica sono i seguenti:

- Acciaio non rivestito di tutti i generi e tipi (compresi gli acciai auto-patinabili) di spessore non inferiore a 4 mm
- Acciaio zincato a caldo
- Acciaio verniciato

1.4 CRITERI PER LA SCELTA DEL CICLO DI PITTURA

La scelta del ciclo di pittura più idoneo per un determinato progetto, dovrà essere fatta secondo i seguenti criteri di base:

- a) Esigenze e requisiti del progetto
- b) Ambiente operativo
- c) Tipo di supporto o substrato da proteggere

I cicli di pittura dovranno essere selezionati in accordo alle Schede Ciclo riportate in allegato.

1.5 DURABILITÀ

La UNI EN ISO 12944-1:2018 fornisce le definizioni sia della durabilità, sia delle classi di durabilità.

La durabilità di un sistema di rivestimento protettiva dipende da diversi parametri, come:

- a) La tipologia del sistema di verniciatura;
- b) la progettazione della struttura;

- c) la condizione del supporto prima della preparazione;
- d) l'efficacia della preparazione della superficie;
- e) la qualità dell'applicazione;
- f) le condizioni durante l'applicazione;
- g) le condizioni di esposizione dopo l'applicazione

Basandosi su questa condizione preliminare, nella UNI EN ISO 12944-1:2018 vengono definite quattro classi:

- bassa (L): da 2 anni a 5 anni
- media (M): da 5 anni a 15 anni
- alta (H): più di 15 anni a 25 anni
- molto alta (VH): oltre 25 anni di vita

1.6 DESIGN ED IMPERFEZIONI SUPERFICIALI DEL SUPPORTO

In fase di progettazione e costruzione dei componenti metallici, si dovranno tenere in debita considerazione i criteri di base riportati nella norma UNI EN ISO 12944-3:2018.

Per quanto possibile, dovrà essere evitato il contatto tra metalli diversi. Nel caso in cui i requisiti di design non possano essere modificati e il contatto tra metalli diversi non possa essere evitato, tra i diversi metalli dovrà essere interposto un idoneo materiale isolante.

La costruzione dovrà essere progettata in modo da non interferire con le attività di sabbiatura e pittura in accordo ai requisiti della presente Specifica. Nessuna apertura o foro presente sugli elementi strutturali dovrà essere di diametro inferiore a 60 mm e la distanza tra i diversi elementi non inferiore a 50 mm.

Prima della preparazione della superficie, dovranno essere eliminate le imperfezioni quali: gocce e spruzzi di saldatura, soffiature e pori dei cordoni di saldatura, difetti di laminazione, bave taglienti, spigoli vivi, tagli di fiamma, incisioni, punte e frammenti o altri oggetti estranei non eliminati in fase di costruzione.

Tutte le imperfezioni superficiali del supporto rilevate prima o durante la preparazione della superficie dovranno essere rimosse con idonei attrezzi meccanici in conformità ai seguenti gradi di finitura previsti dalla norma UNI EN ISO 8501-3:

- Grado P2: per tutte le superfici destinate a operare in ambiente C4 e C5. Gli spigoli vivi derivanti da taglio meccanico o da fiamma dovranno essere adeguatamente arrotondati. Per queste superfici non saranno ammesse saldature a tratti o discontinue
- Grado P1: per tutte le altre superfici

1.7 PITTURE E MATERIALI DI RIVESTIMENTO

Tutte le pitture e qualsiasi altro materiale di rivestimento saranno prodotti commerciali di alto livello qualitativo, di tipo approvato da ANAS in accordo con le Schede Ciclo allegate.

Ogni tipo di pittura che costituisce un ciclo dovrà essere prodotto dallo stesso Colorificio. In alternativa è ammesso l'utilizzo di pitture prodotte da colorifici diversi purché gli stessi rilascino una dichiarazione di piena compatibilità dei prodotti per l'intero ciclo applicato.

Tutte le pitture, diluenti e i materiali di rivestimento dovranno essere consegnati sul posto di lavoro nel loro contenitore originale, integro e privo di danni corredato dell'etichetta del produttore, sulla quale saranno chiaramente riportate le seguenti informazioni:

- a) Nome commerciale del materiale
- b) Nome del produttore
- c) Colore
- d) Lotto di lavorazione di ciascun componente (Parte A – Parte B)
- e) Data di produzione
- f) Data di Scadenza

1.8 STOCCAGGIO E CONSERVAZIONE DELLE PITTURE

Tutte le pitture e i diluenti dovranno essere opportunamente immagazzinati all'interno della struttura dell'Appaltatore.

Dovranno essere soddisfatti i seguenti requisiti minimi:

- a) i locali adibiti al magazzinaggio dovranno essere idoneamente areati e in regola con le vigenti disposizioni di legge in materia di sicurezza e antincendio;
- b) i materiali di rivestimento (liquidi, solidi, imballati) dovranno essere conservati nei loro contenitori o imballaggi originali ed ermeticamente chiusi;
- c) i contenitori e le latte dovranno essere protetti dalla diretta esposizione ai raggi solari, dal gelo e dalla pioggia e conservati in locali termicamente controllati con temperatura costante compresa tra +10e +30°C;
- d) i materiali dovranno essere mantenuti ad appropriata distanza da sorgenti di calore e da aree dove si eseguono lavori di fiamma e saldatura o si utilizzano attrezzi che possano provocare scintille;
- e) i contenitori o gli imballaggi non dovranno essere deposti né immagazzinati su superfici umide o bagnate o in aree soggette ad allagamento;
- f) tutti i prodotti che per un qualsiasi motivo possono subire delle alterazioni o che evidenzino parziali o totali danneggiamenti del contenitore o dell'imballaggio dovranno essere rimossi dal locale, non utilizzati per i lavori di pitturazione e opportunamente smaltiti;
- g) tutte le pitture dovranno essere immagazzinate e utilizzate in modo tale da assicurare il loro utilizzo entro i limiti di scadenza ed in ogni caso dovranno essere utilizzate prioritariamente, le confezioni immagazzinate per prima

1.9 CONDIZIONI AMBIENTALI

Non dovrà essere eseguita alcuna preparazione della superficie quando la temperatura del supporto è inferiore di 3°C rispetto al punto di rugiada e quando l'umidità relativa è superiore all'85%.

Non si dovrà eseguire alcun lavoro di pitturazione (applicazione di pittura o di altri materiali di rivestimento) quando la temperatura del supporto è inferiore di 3°C rispetto al punto di rugiada e quando l'umidità relativa

è superiore all'85% e quando la temperatura dell'aria è inferiore a 10°C, fatta eccezione per i prodotti previsti per applicazioni a temperature inferiori.

Non si dovrà applicare alcuna mano di pittura o materiale di rivestimento su superfici esterne, quando si prevede un possibile cambiamento delle condizioni atmosferiche, entro le due ore successive dall'applicazione.

1.10 VENTILAZIONE E DEUMIDIFICAZIONE

Durante la sabbiatura in spazi chiusi, l'Appaltatore dovrà predisporre un idoneo impianto di ventilazione ed estrazione per permettere agli operatori una buona visibilità. L'impianto e il sistema di ventilazione dovranno essere adeguati e posizionati in maniera tale da evitare spazi morti.

Un'adeguata e sufficiente ventilazione dovrà essere messa in opera durante l'applicazione di qualsiasi pittura e altro materiale e mantenuta fino alla completa evaporazione dei solventi ed essiccazione del film. La ventilazione avrà lo scopo di garantire sia la corretta essiccazione del film applicato sia di mantenere la concentrazione dei vapori di solvente al di sotto del 10% del LEL - limite inferiore di esplosività.

Quando i lavori di pitturazione sono eseguiti in spazi chiusi (cassoni, intercapedini, ecc.), l'Appaltatore dovrà predisporre un idoneo impianto di deumidificazione per mantenere le condizioni ambientali in linea con i requisiti della Specifica e comunque con un livello di umidità relativa compreso tra il 20 e il 60% indipendentemente dalle variazioni delle condizioni climatiche esterne.

1.11 PROTEZIONI

Sarà cura dell'Appaltatore fornire tutte le necessarie protezioni contro gli agenti atmosferici e qualsiasi altra attrezzatura per assicurare che i lavori di pitturazione siano eseguiti in accordo con i requisiti delle specifiche di progetto e con le procedure di lavoro approvate dalla Direzione Lavori.

L'Appaltatore, inoltre, dovrà proteggere tutte le apparecchiature, strutture e qualsiasi altra parte ed elemento, per evitare che siano danneggiati dalle operazioni di preparazione delle superfici e applicazione di pittura e di altri materiali.

2 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI

Il metodo di preparazione della superficie dovrà essere selezionato secondo quanto previsto da ISO 8504.

In linea generale, tutte le superfici da pitturare dovranno essere pulite sino a ottenere una superficie con caratteristiche conformi al grado di preparazione richiesto nelle Schede Ciclo e in ogni caso in accordo con lo standard ISO 8501, 8502, 8503, 8504.

Prima di qualsiasi preparazione della superficie (sabbiatura, preparazione meccanica, ecc.) si dovranno rimuovere mediante lavaggio con acqua dolce e/o idonei detergenti:

- a) Ogni traccia di olio, grasso e sostanza oleosa in accordo con lo standard 8501
- b) Fumi e flussi di saldatura fino a ottenere una superficie con pH neutro (6,5 ÷ 7,5)
- c) Liquidi penetranti e di contrasto utilizzati per i controlli non distruttivi delle saldature

Non dovranno essere usati petrolio, kerosene, nafta o altri solventi grassi.

A completamento di qualsiasi preparazione della superficie e, in ogni caso, prima dell'applicazione di qualsiasi mano di pittura o altro materiale di rivestimento, il livello massimo di sali solubili in acqua presente sulle superfici dovrà essere come segue:

- 3 µg/cm² (30 mg/m²) per tutte le superfici in acciaio inox e per tutte le superfici in acciaio al carbonio in immersione permanente o intermittente;
- 5 µg/cm² (50 mg/m²) per tutte le superfici esposte agli agenti atmosferici;
- 10 µg/cm² per tutte le altre superfici

L'estrazione dei contaminanti dalla superficie dovrà essere eseguita in accordo con la norma UNI ISO EN 8502-6. La determinazione delle quantità totali di sali solubili in acqua dovrà essere eseguita in accordo con la norma UNI ISO EN 8502-9.

La preparazione della superficie non dovrà essere eseguita su zone umide o che possano diventare umide prima dell'applicazione della mano di pittura prevista.

Sulle superfici sabbiate non dovrà essere eseguito alcun tipo di lavaggio con acidi o soluzioni detergenti o solventi. Ciò include anche l'uso di inibitori per prevenire o ritardare la formazione di ruggine.

2.1 ATTREZZATURE PER SABBIAATURA

L'aria compressa utilizzata per la sabbiatura dovrà essere priva di condensa e olio. Dovranno essere installati idonei separatori che saranno mantenuti vuoti e regolarmente spurgati.

In nessun caso i compressori d'aria dovranno erogare aria a una temperatura superiore a 100°C e la pressione dell'aria non dovrà, in nessun caso, essere inferiore a 650 kPa (6,5 bar), misurata all'ugello.

Abrasivi

Qualsiasi tipo di abrasivo utilizzato per la sabbiatura dovrà essere asciutto, pulito e privo di sali solubili. La conduttività, misurata in accordo con la norma UNI EN ISO 11127-6, non dovrà essere superiore a 300 µS/cm (microSiemens per centimetro) a 20°C e il contenuto di cloruri inferiore a 25 ppm.

Gli abrasivi non metallici dovranno soddisfare i requisiti delle norme UNI EN ISO 11126 Part 1÷8, applicabile al tipo di abrasivo che si intende utilizzare. Eventuali prove e controlli dovranno essere eseguiti in accordo con le norme UNI EN ISO 11127 Part 1 ÷ 7.

Gli abrasivi metallici dovranno soddisfare i requisiti delle norme UNI EN ISO 11124 Part 1 ÷ 4, applicabile al tipo di abrasivo che si intende utilizzare. Eventuali prove e controlli dovranno essere eseguiti in accordo con le norme UNI EN ISO 11125 Part 1 ÷ 7.

Il tipo e la granulometria dell'abrasivo dovranno essere selezionati in modo tale da garantire l'ottenimento del profilo e della rugosità del supporto richiesto. In nessun caso sarà consentito l'uso di abrasivo siliceo.

2.2 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI IN ACCIAIO NON RIVESTITO

La preparazione delle superfici in acciaio non rivestito dovrà essere sempre eseguita mediante sabbiatura a secco con grado di finitura conforme ai requisiti del ciclo di pittura previsto e in ogni caso in accordo con lo standard ISO specificato.

Il profilo della superficie sabbiata dovrà essere conforme ai requisiti del ciclo di pittura previsto e misurato in accordo con lo standard ISO 8503.

2.3 PREPARAZIONE DI SUPERFICI IN ACCIAIO ZINCATO A CALDO

Tutte le superfici in acciaio zincato a caldo, prima di ricevere il ciclo di pittura previsto dovranno essere trattate come segue:

- pulizia e sgrassaggio delle superfici in accordo con lo standard ISO 8502;
- tutte le irregolarità e i difetti di zincatura dovranno essere rimossi con utensile meccanico e/o manuale, ponendo cura di non rimuovere completamente lo strato di zinco;
- controllo dello spessore della zincatura a caldo in accordo alla norma UNI EN ISO 1461 e UNI EN ISO 14713. Tutti i punti in difetto di spessore dovranno essere ripristinati;
- le superfici dovranno essere irruvidite mediante leggera sabbiatura a secco (sand sweeping), preferibilmente con corindone o irruvidimento manuale, ad esempio con carta abrasiva grana P40 al corindone.

In alternativa, ove esistessero impianti di pitturazione in linea con la zincatura a caldo, il sistema può fare a meno dell'irruvidimento superficiale ed essere pitturato con specifici primer previo pre-trattamento chimico (es. fosfatazione o analogo processo) previa approvazione della Direzione Lavori.

3 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI VERNICIATE

Tutte le superfici in acciaio verniciato, prima di ricevere il ciclo di pittura previsto dovranno essere trattate.

Se l'area interessata da fenomeni di distacco del rivestimento esistente o da formazione di ruggine è inferiore al 10% dell'intera superficie ($Re < 5$ secondo la scala europea del grado di arrugginimento, norma UNI EN ISO 8501-1), la preparazione dovrà essere eseguita come segue:

- idrolavaggio ad alta pressione (> 80 MPa) per la rimozione dello sporco, grasso, pitture incoerenti, aggregati di ossidi incoerenti con grado di finitura minimo Wa2 secondo la norma UNI EN ISO 8501-4:2020 oppure WJ2 secondo SSPC-SP 12
- spazzolatura manuale o meccanica per la rimozione di ruggine localizzata di difficile asportazione;
- controllo dello spessore della pittura pre-esistente che dovrà risultare > 80 micron DFT

Se l'area interessata da fenomeni di distacco del rivestimento esistente o da formazione di ruggine è maggiore del 10% dell'intera superficie ($Re > 5$ secondo la scala europea del grado di arrugginimento, norma UNI EN ISO 8501-1), la preparazione dovrà essere eseguita come segue:

- idrolavaggio ad alta pressione (> 80 MPa) per la rimozione dello sporco, grasso, pitture incoerenti, aggregati di ossidi incoerenti con grado di finitura minimo Wa2 secondo la norma UNI EN ISO 8501-4:2020;
- sabbiatura a secco (o idrosabbiatura nei casi territoriali in cui la sabbiatura a secco non è consentita) della vecchia pittura con grado di preparazione SA 2 - 2,5 secondo ISO 8503, 8504;
- controllo dello spessore della pittura pre-esistente che dovrà risultare > 80 micron DFT

Preparazione meccanica

Per superfici limitate, e dopo approvazione della Direzione Lavori, si potrà eseguire la pulizia con utensili meccanici (dischi abrasivi, pistola ad aghi o carta abrasiva al corindone grado P40 "~~Scotch-Brite™~~"), in conformità con gli standards ISO 8503 e 8504 e in accordo al grado di preparazione richiesto in ciascuna Scheda Ciclo.

3.1 ZINCATURA A CALDO

La zincatura a caldo dovrà essere eseguita in accordo con le norme UNI EN ISO 1461 e UNI EN ISO 14713.

Lo spessore della zincatura dovrà essere di almeno 80 micron salvo che non sia diversamente specificato in progetto.

Tutti i grigliati, scalini e corrimano, dovranno essere zincati per immersione dopo aver completato tutte le operazioni di taglio, lavorazione o saldatura.

Gli elementi zincati, che saranno saldati permanentemente alla struttura, dovranno essere fissati dopo aver rivestito con il primer gli elementi di sostegno, ma prima dell'applicazione delle mani successive. Le superfici danneggiate dalle operazioni di saldatura dovranno essere ripristinate mediante sabbiatura grado SA 2,5 secondo allo standard ISO 8504 e applicazione di una mano di pasta zincante ad alto contenuto di zinco metallico e che soddisfi i requisiti di ASTM A780.1 (contenuto di zinco > 92%, preferibile 95%).

I grigliati metallici, purché non sia previsto l'impiego di quelli in materiale composito, dovranno essere zincati a caldo.

Tutte le superfici zincate a caldo, esposte in ambiente classe C5, dovranno essere rivestite in accordo con quanto previsto nelle Schede Ciclo.

3.2 APPLICAZIONE DELLE PITTURE ED ALTRI RIVESTIMENTI

Prima dell'applicazione di ogni mano di pittura o di altro materiale, tutte le superfici dovranno essere completamente asciutte e prive di ruggine, grasso, olio, sporcizia, sali solubili e di qualsiasi altro materiale estraneo.

Dovranno essere eliminati residui di lavorazioni e polvere. La pulizia della superficie dovrà essere conforme al grado 1 e dimensione della polvere Classe "3", "4" o "5" della norma UNI EN ISO 8502-3.

Le pitture e gli altri materiali di rivestimento dovranno essere applicati sulle superfici sabbiate e pulite, prima che appaia qualsiasi fenomeno di ossidazione. Le superfici che dovessero mostrare una visibile ossidazione o deterioramento dovranno essere risabbiate al grado richiesto.

L'applicazione delle pitture dovrà essere eseguita in accordo alle raccomandazioni riportate nelle schede tecniche di ciascun prodotto e in accordo ai requisiti della Specifica. Saranno comunque seguite le raccomandazioni riportate nelle schede tecniche di ciascun prodotto con particolare attenzione ai seguenti aspetti:

- dovranno essere usati unicamente i diluenti specificati e le relative istruzioni per la diluizione;
- tutte le pitture dovranno essere mescolate per un periodo sufficiente a garantire la perfetta miscelazione del pigmento e del veicolo e, per i prodotti bi-componenti, della base con l'induritore;
- per ogni singola mano si dovranno rispettare i tempi minimi e massimi di ricopertura;
- durante l'essiccazione, così come durante l'applicazione, si dovranno seguire minuziosamente le istruzioni relative alla ventilazione degli spazi chiusi;
- apparecchiature per l'applicazione

I colori finali dovranno essere in accordo con i requisiti progettuali.

Le mani intermedie di ciascun ciclo di pittura dovranno essere tra di loro di colore contrastante al fine di agevolare sia l'applicazione sia il successivo controllo.

Qualsiasi conflitto riscontrato tra i Scheda Tecnica (ST) ed il Capitolato dovrà essere sottoposto al Direttore Lavori per approvazione.

3.2.1 APPLICAZIONE A SPRUZZO

Dovranno essere impiegate le apparecchiature e gli accessori raccomandati dal Colorificio nei ST di ciascuna pittura.

3.2.1.1 Stripe Coating

Prima dell'applicazione a spruzzo di ciascuna mano del ciclo, tutte le zone come: angoli, spigoli, saldature, bulloni, dadi, quelle di difficile accesso, ecc. dovranno essere ritoccate a pennello ("stripe-coated") per assicurare che su queste zone sia applicato lo spessore secco minimo specificato.

3.2.2 APPLICAZIONE A PENNELLO

L'applicazione a pennello potrà essere eseguita solo nei seguenti casi:

- quando le zone non sono raggiungibili con lo spruzzo;
- per l'applicazione di "stripe-coat";
- nel caso in cui l'applicazione a spruzzo possa danneggiare impianti o persone nell'area di lavoro;
- quando occorre eseguire ritocchi o riparazioni di piccola entità

3.2.3 APPLICAZIONE A RULLO

L'uso del rullo non sarà consentito per l'applicazione di zincanti e per la prima mano del ciclo di pittura. Potrà essere impiegato, previa specifica approvazione del Direttore Lavori, unicamente per applicazione di finiture e smalti con spessori non superiori a 40-50 μm DFT.

3.2.4 SPESSORE DEL FILM BAGNATO (WFT) E SECCO (DFT)

Al fine di ottenere lo spessore secco specificato (Dry Film Thickness DFT), l'Appaltatore dovrà eseguire frequenti controlli dello spessore del film bagnato (Wet Film Thickness WFT).

La misurazione del DFT, compresa la calibrazione e i criteri di accettabilità, dovrà essere eseguita in accordo allo standard ISO 19840. Per la misurazione sarà applicato il metodo "90/10", ovvero il 90% delle misurazioni dovrà essere superiore o uguale allo spessore nominale (Nominal Dry Film Thickness NDFT) specificato e nessuna del rimanente 10% dovrà essere inferiore al 90% del NDFT.

Si dovranno evitare sovra-spessori del film secco, che in ogni caso non dovranno essere superiori al 50% del NDFT specificato per ogni mano.

In caso di spessori superiori a quanto previsto, è facoltà della Direzione Lavori accettare tale situazione previo parere positivo da parte del colorificio.

Le misurazioni del DFT saranno di numero ritenuto necessario, nessuna limitazione sarà applicabile.

Lo spessore del film secco dovrà essere misurato per ciascuna mano del ciclo.

3.3 RIPARAZIONE DEI DIFETTI

L'Appaltatore dovrà riparare tutti i difetti ed i danneggiamenti al rivestimento che avverranno sia nel corso della costruzione sia al completamento della stessa.

I prodotti impiegati per la riparazione di difetti e danneggiamenti dovranno provenire dallo stesso Colorificio che ha fornito il ciclo di pittura originale.

Per ogni riparazione, dovranno essere seguite le indicazioni fornite nella scheda tecnica del prodotto. In assenza o a maggior chiarimento di esse si seguiranno i criteri di seguito riportati.

Tutti i danni occorsi a mani precedenti dovranno essere riparati prima dell'applicazione della mano successiva e prima dell'accettazione da parte del Direttore Lavori.

Le superfici trattate con primer di zinco inorganico non potranno essere ritoccate con lo stesso prodotto, ma con altro primer consigliato dal Colorificio ed approvato dal Direttore Lavori.

SPESSORE INADEGUATO DEL FILM DI PITTURA

Tutte le zone con uno spessore di pittura inferiore del 10% rispetto a quanto specificato, dovranno essere pulite e se necessario carteggiate e si dovranno applicare una o più mani di pittura fino al raggiungimento dello spessore richiesto. Queste mani non dovranno essere visibili sulla mano finale e sulle zone adiacenti.

SUPERFICI CONTAMINATE

Le superfici già pitturate e contaminate da grasso, olio, unto o da qualsiasi altro materiale estraneo, dovranno essere pulite e sgrassate in accordo con lo standard SSPC-SP 1.

DANNI AL FILM DI PITTURA SENZA ESPOSIZIONE DELLA SUPERFICIE METALLICA

La zona interessata dal danneggiamento dovrà essere pulita mediante carteggiatura o discatura meccanica. Il trattamento dovrà essere esteso per almeno 50 mm sulle superfici adiacenti non danneggiate in modo da garantire la continuità del film. Sulla zona trattata dovrà essere applicato il ciclo completo di pittura previsto.

DANNI AL FILM DI PITTURA CON ESPOSIZIONE DELLA SUPERFICIE METALLICA

La zona danneggiata dovrà essere preparata mediante sabbatura o utensili meccanici per riportare il supporto esposto al suo originale grado di finitura.

Danni di piccola dimensione

Ogni danneggiamento di dimensione fino a 200 x 200 mm dovrà essere pulito con utensili meccanici in accordo con lo standard SSPC-SP11 e quindi ripitturato con il ciclo originale specificato.

La preparazione dovrà essere estesa per almeno 50 mm sulla zona adiacente e i bordi dovranno essere opportunamente levigati e smussati.

Danni di media dimensione

Ogni danneggiamento con dimensione fino a 1 m² dovrà essere sabbato in accordo con i requisiti dello SSPC-SP10 e quindi ripitturato con il ciclo originale specificato.

La preparazione dovrà essere estesa per almeno 50 mm sulla zona adiacente e i bordi dovranno essere opportunamente levigati e smussati.

Danni estesi

Le aree danneggiate saranno considerate estese nei seguenti casi:

- quando ogni danneggiamento è superiore a 1 m²;
- quando l'estensione dei danni di piccola e/o media dimensione supera il 5% diffuso o il 10% localizzato della zona pitturata; in questo caso, l'intera superficie dovrà essere ri-sabbiata e ripitturata, come originariamente previsto dal Capitolato

3.4 SICUREZZA E PROTEZIONE DELL'AMBIENTE

ANAS S.p.A., in considerazione della sua politica in merito alla sicurezza e protezione dell'ambiente, vieta l'utilizzo di qualsiasi pittura contenente catrame, qualsiasi materiale abrasivo o pigmenti considerati nocivi per la salute degli operatori.

L'Appaltatore dovrà osservare tutte le regole, leggi e regolamenti concernenti la sicurezza e la salute sul lavoro vigenti nei cantieri e nel paese dove i lavori sono eseguiti.

Tutte le pitture, solventi, induritori, ecc. dovranno riportare sui loro contenitori i dati previsti dalle leggi e dai regolamenti locali in materia di sicurezza e dovranno essere accompagnati dalle relative SDS.

Durante qualsiasi lavoro di pitturazione, dovranno essere scrupolosamente osservati i requisiti di sicurezza riportati nella ST e SDS (Scheda di Sicurezza) pubblicate dal Colorificio.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta ai seguenti aspetti:

- la miscelazione e la manipolazione delle pitture dovrà essere eseguita in luoghi ventilati e giudicati non pericolosi;
- gli abrasivi per le operazioni di sabbiatura non dovranno essere nocivi per la salute degli operatori;
- lo stoccaggio delle pitture e dei materiali di rivestimento dovrà essere eseguito in accordo con quanto riportato al paragrafo 1.8 "Stoccaggio e conservazione delle pitture" del Capitolato;
- lo smaltimento dei residui, derivanti dal processo di produzione (abrasivi, pitture, materiali di rivestimento, solventi, contenitori, ecc.) dovrà avvenire in conformità con quanto previsto dalle norme, regolamenti e leggi vigenti nel luogo nel quale i lavori sono eseguiti

4 ACCETTAZIONE DEI MATERIALI E QUALIFICA DEI CICLI DI PITTURA

La Direzione Lavori potrà accettare solo cicli di pittura conformi alle schede ciclo allegate e secondo le previsioni di progetto.

Il processo di qualifica sarà applicato a tutti i materiali, alle pitture e ai cicli di pittura previsti.

In ciascuna Scheda Ciclo, sono elencati i test necessari per la qualifica del ciclo di pittura specifico e i criteri di accettabilità.

Ogni prodotto componente il ciclo di pitturazione o manutenzione dovrà essere caratterizzato secondo quanto previsto nella tabella di cui all'ALLEGATO 2

Tutte le prove dovranno essere eseguite a cura e spese dei produttori delle vernici e le analisi specificate nelle Schede Ciclo, dovranno essere eseguite e certificate da laboratori accreditati secondo la Norma ISO 17025 da Ente ACCREDIA (<http://www.accredia.it>), da Enti equivalenti europei affiliati all'associazione degli organismi di accreditamento europei EA (<http://www.european-accreditation.org>) ovvero dal Centro Sperimentale ANAS di Cesano.

Copia conforme delle certificazioni rilasciate dai laboratori sopra citati (con traduzione in lingua italiana) dovranno essere prodotte alla Direzione lavori per l'accettazione dei prodotti vernicianti. I certificati avranno validità non superiore a 10 anni.

Le certificazioni dovranno riportare:

- a) dati della preparazione dei provini, incluso preparazione della superficie, pulizia, applicazione, condizioni ambientali, ecc.;
- b) numero di identificazione e di codifica di ogni singolo provino;
- c) descrizione degli strumenti e apparecchiature utilizzate per i test;
- d) descrizione, valori rilevati e risultati dei test eseguiti sulle pitture e sui provini;
- e) documentazione fotografica delle varie fasi sia di preparazione dei provini sia dell'esecuzione dei test

ANAS si riserva il diritto verificare, in qualsiasi momento, le certificazioni prodotte e si riserva il diritto di richiedere in tempi successivi la ripetizione di parte o della totalità dei test di qualifica a scopo di verifica o qualora siano riscontrati particolari difetti. Se il risultato di uno o più test dovesse risultare negativo, la qualifica del rivestimento sarà nulla.

E' obbligo dell'Appaltatore comunicare ad ANAS qualsiasi modifica apportata nella formulazione dei componenti di un prodotto qualificato, se pur di piccola entità. ANAS si riserva il diritto di richiedere la ripetizione di parte o della totalità dei test di qualifica, o di accettare o rifiutare la pittura o materiale, e il relativo ciclo di pittura, senza ulteriori test.

Qualora, per particolari specifiche progettuali, ci sia la necessità di modificare le Schede Ciclo, l'Appaltatore dovrà richiedere l'autorizzazione a modificare il ciclo predisponendo la procedura di qualifica per il nuovo ciclo proposto che dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori.

Per nessuna ragione, l'approvazione da parte di ANAS di un ciclo di pittura potrà essere considerato come una garanzia da parte dello stesso sulle prestazioni del ciclo, ma unicamente come un'autorizzazione all'utilizzo di quel particolare ciclo di pittura.

4.1 REQUISITI DI GESTIONE E GARANZIA DELLA QUALITÀ PER APPLATI DI MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA

L'Appaltatore dovrà disporre sia dell'organizzazione che delle attrezzature idonee a svolgere le attività contrattuali; le risorse umane dovranno avere le capacità professionali adeguate e dovranno essere osservati tutti i requisiti di gestione e garanzia della qualità definiti e contenuti nelle presenti norme tecniche.

L'Appaltatore dovrà assicurare che i prodotti da lui acquistati e forniti siano conformi ai requisiti specificati nelle Schede Ciclo.

A garanzia della durata dell'opera ed a prescindere dalla tipologia dei materiali utilizzati, ANAS richiede il mantenimento di una fidejussione da parte del soggetto appaltatore, per un periodo fissato in 5 (cinque) anni a partire dalla data di ultimazione dei lavori dell'opera, per un importo pari al 20% del valore della prestazione (fornitura e posa in opera). In alternativa alla fidejussione, è facoltà dell'appaltatore fornire una specifica polizza assicurativa che copra il rischio da corrosione.

Tale fidejussione, che è finalizzata a garantire il rispetto degli standard di qualità dei materiali e della posa in opera, viene svincolata al termine del periodo suddetto, a seguito del positivo esito delle verifiche di seguito descritte.

	Norma	1 anno	2-3 anno	4-5 anno
Ruggine	ISO 4628-3	Ri< 1	Ri< 2	Ri<3
Blistering	ISO 4628-2/4	Densità< 2	Densità< 3	Densità< 3
Cracking	ISO 4628-4	Densità< 1	Densità< 2	Densità< 2

L'Appaltatore, in caso di esito negativo dei controlli, sarà chiamato ad intervenire per la riparazione dei difetti riscontrati, per tutto il periodo di garanzia.

4.2 CONTROLLO QUALITÀ

L'Appaltatore dovrà nominare un ispettore interno, responsabile del Controllo Qualità come stabilito dal "Quality Control Plan" (QCP). L'ispettore dovrà possedere l'adeguata e specifica esperienza per il processo di rivestimento da ispezionare e/o collaudare. Una dichiarazione contenente il nominativo dell'ispettore ed un elenco dei lavori eseguiti dal quale si evinca l'esperienza maturata nel settore, dovrà essere allegata al QCP. Tale dichiarazione dovrà essere sottoposta alla Direzione Lavori per l'approvazione.

L'ispettore nominato dall'Appaltatore dovrà eseguire i necessari collaudi ed ispezioni, al fine di garantire che tutti i lavori siano conformi a quanto stabilito dal QCP approvato dal Direttore Lavori.

Il Colorificio potrà fornire, su richiesta di una delle parti, la propria assistenza tecnica, nel luogo, e in qualsiasi momento, i lavori siano eseguiti.

Il tecnico del Colorificio potrà verificare che i lavori di pitturazione siano correttamente eseguiti e potrà, su richiesta delle parti, per mezzo di visite e ispezioni adeguate, garantire la corretta applicazione delle pitture in accordo ai requisiti richiesti.

In aggiunta all'ispettore interno dell'Appaltatore, come definito precedentemente, la Direzione Lavori si riserva il diritto di nominare un ispettore indipendente interno o esterno definito anche "terza parte", il quale avrà il compito di verificare e confermare che l'esecuzione di ciascuna fase dei lavori di pitturazione e di applicazione dei materiali sia eseguita in accordo con i requisiti del Capitolato.

L'ispettore indipendente "terza parte" dovrà verificare i controlli e le ispezioni di qualità eseguiti dall'Appaltatore, e redigere i relativi rapporti che saranno sottoposti a verifica della Direzione Lavori, dell'Appaltatore.

4.2.1 CERTIFICAZIONE E FORMAZIONE DEL PERSONALE

Tutto il personale coinvolto nei processi di verniciatura dovrà essere opportunamente formato.

A tale riguardo, l'Appaltatore dovrà produrre alla Direzione Lavori le attestazioni dell'avvenuta formazione, rilasciate da associazioni qualificate del settore i cui corsi dovranno essere tenuti da Ispettori qualificati NACE o FROSIO.

Tutto il personale coinvolto nel processo d'ispezione dovrà essere certificato NACE o FROSIO e, inoltre, dovrà possedere l'adeguata e specifica esperienza nel settore.

4.2.2 CONTROLLO DEL PROCESSO DI PITTURAZIONE

L'Appaltatore dovrà essere adeguatamente organizzato per espletare le seguenti attività:

- elaborazione di procedure operative scritte che definiscano le modalità di esecuzione dei lavori, l'utilizzo di adatte apparecchiature, un idoneo ambiente di lavoro, e la conformità di tutte le fasi di lavorazione con le norme e gli standard di riferimento e con i requisiti del Committente;
- monitoraggio e controllo di determinate caratteristiche di ciascuna fase del processo di pitturazione

4.2.3 CONTROLLI PRELIMINARI

Prima dell'inizio delle lavorazioni, dovranno essere eseguiti i controlli riportati nella Tabella 1 e in particolare:

- stoccaggio delle pitture e dei materiali di rivestimento
- controllo dell'integrità dei contenitori
- verifica della data di scadenza delle pitture e dei materiali di rivestimento;
- verifica della corrispondenza di tutti i documenti (trasporto, "packing list", marcatura, TS, MSS, ecc.)

4.2.4 CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

L'Appaltatore dovrà eseguire nel corso delle lavorazioni tutti i controlli previsti e riportati nella seguente Tabella 1.

I controlli dovranno essere eseguiti anche per le riparazioni dei danneggiamenti.

L'Appaltatore dovrà approntare una serie di piastre campione costituita da 3 provini, di materiale e tipo di supporto uguale a quello del componente da pitturare o rivestire, di dimensioni 300x500x5 mm, che dovranno essere trattate contemporaneamente a ogni componente stesso, con analoga preparazione della superficie e identica sequenza di applicazione del ciclo di pittura, seguendo il metodo denominato "a scalletta", come schematizzato a titolo di esempio nella figura seguente.

Tali piastre saranno utilizzate per eseguire tutti i controlli distruttivi richiesti, come specificato in dettaglio nella Tabella 1.

Le 3 piastre campione dovranno essere identificate univocamente alla presenza dell'Ispettore Terza Parte, con chiaro riferimento al Progetto ed al sistema protettivo che rappresentano.

Le piastre dovranno essere conservate presso il Controllo Qualità dell'Appaltatore per eventuali successivi test di controllo.

Tutti i valori rilevati durante ciascuna fase delle ispezioni dovranno essere riportati su un apposito modulo.

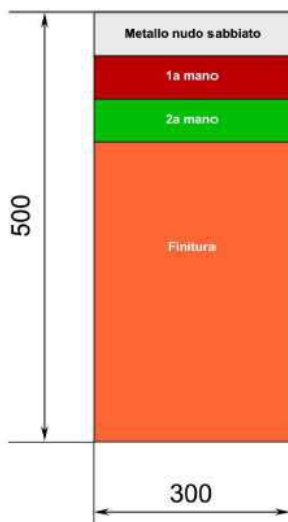


Figura 1.1 Piastra campione spessore 5 mm – dimensioni in millimetri

4.2.5 CONTROLLI FINALI

Al completamento dei lavori, l'Appaltatore dovrà eseguire tutti i controlli e le ispezioni richieste in relazione al ciclo di pittura o altro sistema di protezione riportati nella seguente Tabella 1.

Tutti i valori rilevati durante ciascuna fase delle ispezioni dovranno essere riportati su un apposito modulo.

Tabella 1				
	Tipo di controllo	Metodo	Frequenza	Criteri di Accettabilità
1	CONTROLLI PRELIMINARI			
1.1	Immagazzinamento dei materiali	Visivo	Tutti	In accordo con i requisiti di Capitolato (Cfr. Par. 10.9)
1.2	Integrità contenitori	Visivo	Tutti	In accordo con i requisiti di Capitolato (Cfr. Par. 10.9)
1.3	Shelf life (data di scadenza)	Visivo	Tutti	In accordo con le schede tecniche del prodotto (Cfr. Par. 10.9)
2	IMPERFEZIONI SUPERFICIALI E SALDATURE			
3	PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE			
3.1	Condizioni ambientali	UNI EN ISO 8502-4	Prima dell'inizio di ciascun turno e due volte al giorno	In accordo con i requisiti di Capitolato (Cfr. Par. 10.10)
3.2	Asportazione flusso di saldatura	Acqua distillata e cartine tornasole	100%	pH neutro (6,5 – 7,5)
3.3	Pulizia preliminare	SSPC-SP 1	100%	Assenza di olio, unto e altri contaminanti
3.4	Protezione degli accessori e delle Apparecchiature	Visivo	100%	In accordo con i requisiti di Capitolato (Cfr. Par. 10.12)
3.5	Aria compressa	ASTM D4285	Ogni turno	Assenza di olio e condensa
3.6	Abrasivi	UNI EN ISO 11127-6	Ogni turno	≤300 μS/cm a 20°C
3.7	Grado di sabbatura	SSP -VIS 1	100%	Conforme al grado di finitura riportato nella scheda di ciascun ciclo di pittura

Tabella 1

	Tipo di controllo	Metodo	Frequenza	Criteri di Accettabilità
3.8	Preparazione meccanica	SSPC-VIS 3	100%	In accordo con i requisiti e il grado richiesto (Cfr. Par. 10.13.5)
3.9	Profilo e rugosità	NACE RP0287	A Spot (1)	Conforme al grado di finitura riportato nella scheda di ciascun ciclo di pittura
3.10	Polverosità	UNI EN ISO 8502-3	A Spot (1)	Conforme al Grado 1 e dimensione polvere Classe "3", "4" o "5"
3.11	Sali solubili in acqua	UNI EN ISO 8502-6 UNI EN ISO 8502-9	A Spot (1)	In accordo con i requisiti e il livello richiesto (Cfr. Par. 10.13)
4	APPLICAZIONE DELLE PITTURE			
4.1	WFT (Film umido)	Misuratore metallico a "pettine"	Regolarmente Durante l'applicazione	In accordo con il TDS per il DFT specificato (Cfr. Par. 10.15.5)
4.2	Pulizia di ciascuna mano	UNI EN ISO 8502-3	Controlli a spot (1)	Conforme al Grado 1 e dimensione polvere Classe "3", "4" o "5"
4.3	DFT di ciascuna mano e del ciclo finito	ISO 19840	100% della superficie	In accordo con i requisiti di Capitolato (Cfr. Par. 10.15.5)
4.4	Verifica essiccazione silicato zinco Inorganico	ASTM D 4752	Controlli a spot (1)	Conforme al Level 5
4.5	Adesione del rivestimento	ASTM D 4541 TYPE III	A Spot	Da eseguirsi sulle piastre campione Valore Minimo 5MPa
4.6	Verifica del rivestimento	Visivo e UNI EN ISO 4628 1 ÷ 6	100% della superficie	Assenza di colature, contaminazione, buccia d'arancia, screpolature, blistering, ruggine, Danni e di qualsiasi altro difetto

4.3 DOCUMENTI DA PRODURRE NEL CORSO DEI LAVORI

Durante l'esecuzione dei lavori, l'Appaltatore dovrà tenere aggiornato un registro delle attività di cantiere, in cui annotare per ogni giorno le condizioni meteo, le parti d'opera interessate dalle lavorazioni quali sabbia-tura, spazzolatura, pitturazione, riportando i mq di superficie trattata, i litri di pittura consumata, ecc., rendendolo disponibile al Direttore Lavori in qualsiasi momento, e i verbali e i rapporti richiesti nel Capitolato.

Dovranno essere inoltre sempre disponibili le Schede Tecniche e le Schede di Sicurezza di ciascun prodotto utilizzato.

4.4 DOCUMENTI DA PRODURRE AL TERMINE DEI LAVORI

Alla fine dei lavori, l'Appaltatore dovrà preparare un rapporto finale contenente:

- caratteristiche delle preparazioni delle superfici;
- denominazione commerciale e caratteristiche di ciascun ciclo applicato;
- sequenza delle mani applicate per ciascun ciclo di pittura;
- condizioni atmosferiche e termo-igrometriche;
- controlli effettuati e risultati, includendo quelli finali di accettazione;
- eventuali riparazioni e azioni correttive eseguite;
- piano di manutenzione

5 NORME PER LA MISURAZIONE E LA CONTABILIZZAZIONE DEI LAVORI

5.1 NORME GENERALI

Resta stabilito che, sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i disegni contabili delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.

Detti disegni contabili, da predisporre su supporto informatico e da predisporre, in almeno duplice copia su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione Lavori per il necessario e preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, eseguite in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.

Tale documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

La suddetta documentazione contabile resterà di proprietà dell'Amministrazione committente.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

- I lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore durante l'esecuzione dei lavori
- I lavori da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore, e confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici

Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto il corrispettivo da accreditare nei S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera.

A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la Direzione dei Lavori provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.

5.2 CRITERI DI MISURA DELLE CARPENTERIE METALLICHE

- **Determinazione del peso in fase di esecuzione**

Per la misurazione di quanto realizzato, oltre a fare riferimento a quanto descritto nelle relative voci di Elenco Prezzi, si fa presente che i manufatti d'acciaio, di qualsiasi genere e per ogni utilizzo, composti da lamiera, lamiera ondulata, profilati, tubi, barre, getti di fusione, ecc., saranno contabilizzati a corpo secondo i relativi articoli d'Elenco Prezzi e misurati in base al loro peso. Potranno essere effettuate delle verifiche a campione,

mediante pesature in contraddittorio tra Direzione Lavori ed Impresa, con stesura d'apposito verbale controfirmato dalle parti.

Ogni operazione di pesatura dovrà riferirsi a parti di uno stesso manufatto. E' pertanto esclusa la pesatura cumulativa d'elementi appartenenti a manufatti diversi, anche quando si tratta di controventi, piastre, bullonerie, rosette, ecc..

I relativi articoli d'Elenco Prezzi comprendono: la fornitura di tutti i materiali; la lavorazione secondo i disegni costruttivi; la posa ed il fissaggio in opera.

Si intendono comunque compresi nei relativi articoli di Elenco Prezzi gli oneri per le lavorazioni quali, le forature, le saldature, le bullonerie, le piastre, i relativi sfridi.

Infine potrà essere valutata la quantità attraverso lo sviluppo geometrico dei vari elementi che compongono la struttura, suddivisi per tipologia di profilato, dimensione, spessore nel caso di lamiere, moltiplicati per il peso unitario determinato in base alle dimensioni ed al peso specifico di 7,85 Kg/dmc indicato nel D.M. 14 gennaio 2008

5.3 CRITERI DI MISURA DELLE SUPERFICI VERNICIATE

5.3.1 CARPENTERIE METALLICHE

Si conteggerà lo sviluppo ottenuto sommando le facce del profilato, assumendo come valore quello esterno, senza dedurre gli spessori del profilato stesso, le sovrapposizioni ed i fori.

Per le strutture esistenti, qualora le carpenterie fossero orditure di sostegno di impalcati, travi di sostegno, ecc. si dedurranno le parti combacianti con strutture di altri materiali.

Qualora i profilati fossero ricoperti da altro materiale e fosse in vista solo una faccia piana, la stessa verrà moltiplicata per il coefficiente 2 se non si debbono verniciare, o se si debbono verniciare con altri materiali e/o colori le parti adiacenti

Verranno misurati gli sviluppi effettivi delle superfici ad eccezione dei seguenti casi:

- se il perimetro della sezione è inferiore o uguale a 0,10 m verrà calcolato 1 metro quadrato ogni 5 ml;
- se il perimetro della sezione è compreso fra 0,11 m e 0,20 m verrà calcolato 1 metro quadrato ogni 4 ml;
- se il perimetro della sezione è compreso fra 0,21 m e 0,30m verrà calcolato 1 metro quadrato ogni 3 ml;
- se il perimetro della sezione è compreso fra 0,31 m e m.0,40 m verrà calcolato 1 metro quadrato ogni 2 ml;
- dalle superfici calcolate come sopra, non sono ammesse deduzioni per sovrapposizioni o fori

5.3.2 CARPENTERIE ASSEMBLATE (LAVORI DA ESEGUIRE IN STABILIMENTO)

Si conteggerà lo sviluppo dei profilati che lo costituiscono, senza deduzione delle sovrapposizioni.

5.3.3 PIASTRAME SCIOLTO, FLANGE ED ASSIMILATI

Per piastre, flange o assimilati con superfici inferiori o equivalenti a 0,25 m², verrà sempre comunque calcolata una superficie minima di 0,25 m² cad.

5.3.4 LAMIERE CON SALDATI PROFILATI DI RINFORZO

Se debbono essere trattate integralmente con lo stesso ciclo, si conteggeranno le superfici effettive.

Se debbono essere trattati solo i profilati, si moltiplicherà la superficie effettiva per il coefficiente 2.

Se debbono essere trattate solo le lamiere, non si dedurranno le parti nascoste dal profilato.

Se debbono essere trattate lamiere e profilati con ciclo diverso, si conteggeranno le lamiere senza deduzioni ed i profilati con il coefficiente 2.

5.3.5 LAMIERE STRIATE

Sarà calcolato lo sviluppo della superficie come segue:

- per la parte piana, la superficie effettiva;
- per la parte striata, la superficie verrà moltiplicata per il coefficiente 1,25

5.3.6 LAMIERE STRIATE E RETI

Verrà calcolata la superficie vuoto per pieno con il coefficiente 3 per le lamiere stirate.

Per le reti, verrà calcolato vuoto per pieno per il coefficiente 2.

5.3.7 GRIGLIATI

Per i grigliati pedonabili con un'altezza fino a 4 cm, la superficie verrà calcolata applicando la seguente formula: $S = A \times B \times 4$, dove:

- S = superficie in metri quadrati;
- A = larghezza;
- B = lunghezza

5.3.8 LAMIERE GRECATE ED ONDULATE

Verrà calcolata la superficie reale.

5.3.9 CURVE SCIOLTE

Per curve con diametro esterno superiore o uguale a 5", la superficie verrà ricavata applicando le seguenti formule:

- Per curve a 90° $S = D \times D \times 7,40$;
- Per curve a 45° $S = D \times D \times 7,40 : 2$ (dove D = diametro esterno)

Per curve con diametro esterno sino a 1", si moltiplicherà per il coefficiente 2 il risultato ottenuto mediante la formula di cui al punto precedente.

Per curve con diametro esterno superiore ad 1" e inferiore a 5", si moltiplicherà per il coefficiente 1,50 il risultato ottenuto mediante la formula di cui al punto precedente

5.3.10 SPESSORE DEI FORI PER BULLONATURE NEI PROFILATI

Se è richiesto il ciclo anche nello spessore dei fori, ogni foro sarà computato 0,01m².

5.3.11 PITTURAZIONI A PENNELLO

Valgono i seguenti criteri di misurazione:

- si conteggia lo sviluppo ottenuto sommando le facce del profilato, assumendo come valore quello esterno (senza dedurre gli spessori del profilato stesso), senza dedurre le sovrapposizioni;
- parti coniche e rastremate: sviluppo effettivo;
- per bullonature, maggiorazione del 5% del totale delle superfici

6 ALLEGATO 1

6.1 CICLO A

CICLO DI PITTURA		A		
AMBIENTE OPERATIVO CLASSIFICATO UNI EN ISO 12944-2		C3: Ambiente urbano e industriale, moderato inquinamento di SO ₂ ; aree costiere con bassa salinità		
CLASSE DI DURABILITA' UNI EN ISO 12944-5:2018		VH (più di 25 anni)		
DESCRIZIONE GENERICA: CICLO PER NUOVE COSTRUZIONI				
TIPO DI SUPPORTO:		Acciaio non rivestito, acciaio weathering o ex corten		
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE				
Tipo e grado di preparazione:		SSPC-SP1 Sabbatura SA 2,5		
Profilo di ancoraggio:		20 – 40 µm		
Livello di Sali Solubili totali:		≤ 5 µg/cm ² (50 mg/m ²) – UNI ISO EN 8502-6		
Imperfezioni acciaio e saldature:		Grado P1		
CICLO DI PITTURA				
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Primer bi componente epossipoliamicidico ad alto solido (>65%) con pigmentazione anticorrosiva attiva (es fosfati di zinco o equivalenti).		160 µm	
2	Finitura poliuretanica alifatica		80 µm	
NDFT Totale			240 µm	
Errore ammissibile			-10%	
TEST PER LA QUALIFICA DEL CICLO DI PITTURA				
Test. N.	Denominazione	Norma	Metodo	Criteri di Accettabilità
1.0	Invecchiamento	ISO 9227 ISO 6270-1	720 ore 480 ore	TUTTI I CICLI DI PITTURA In accordo con la Tabella 5 della norma ISO 20340 e in aggiunta e/o a maggior chiarimento: Difetti(Norma ISO 4628 - Parts 1 ÷ 6): • Sbollature (Blisters): Rating 0 • Ruggine (Rust): Grado Ri0 • Microfessure (Cracking): Classe0 • Sfaldamento (Flaking): Classe0 • Sfarinamento (Chalking): Classe2 Adesione (UNI EN ISO 4624): >5,0MPa e 50% massimo di riduzione dal valore originale Corrosione dalla linea di incisione: M ≤ 2 mm
SISTEMA DI RIPARAZIONE DANNEGGIAMENTI CICLO A				
<i>Danni al film con esposizione della superficie metallica</i>				
<i>PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE</i>				
Tipo e grado di preparazione		Sabbatura a recupero grado Sa 2,5 o preparazione meccanica con pistola mille aghi o discatura con dischi P24-P36		
Profilo di ancoraggio		Rugosità 30-50 µm		
Livello di Sali Solubili totali		≤ 5 µg/cm ² (50 mg/m ²) – ISO 8502-6		
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Fondo surface tolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		60 µm	
2	Fondo surface tolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		80 ÷ 100 µm	
3	Finitura poliuretanica alifatica		60 ÷ 80 µm	
NDFT Totale			200 ÷ 240 µm	
<i>Danni al film senza esposizione della superficie metallica</i>				
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Fondo surface tolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		60 µm	
2	Finitura poliuretanica alifatica		60 µm	
NDFT Totale			120 µm	

6.2 CICLO B1

CICLO DI PITTURA		B1		
AMBIENTE OPERATIVO CLASSIFICATO UNI EN ISO 12944-2		C4: aree industriali ed aree costiere con moderata salinità		
CLASSE DI DURABILITA' UNI EN ISO 12944-5:2018		H (più di 15 anni)		
DESCRIZIONE GENERICA: CICLO PER NUOVE COSTRUZIONI				
TIPO DI SUPPORTO:		Acciaio non rivestito, acciaio weathering o ex corten		
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE				
Tipo e grado di preparazione:		SSPC-SP1 Sabbiatura SA 2,5		
Profilo di ancoraggio:		50 – 75 µm		
Livello di Sali Solubili totali:		≤ 5 µg/cm ² (50 mg/m ²) – UNI ISO EN 8502-6		
Imperfezioniacciaio e saldature:		Grado P2		
CICLO DI PITTURA				
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Primer bi componenteepossipoliamicidico ad alto solido (>65%) con pigmentazione anticorrosiva attiva (es fosfati di zinco o equivalenti).		100 µm	
2	Primer bi componenteepossipoliamicidico ad alto solido (>65%) con pigmentazione anticorrosiva attiva (es fosfati di zinco o equivalenti).		120 µm	
3	Finitura poliuretanica		80 µm	
			NDFT Totale	300 µm
			Erroreammissibile	-10%
TEST PER LA QUALIFICA DEL CICLO DI PITTURA				
Test. N.	Denominazione	Norma	Metodo	Criteri di Accettabilità
1.0	Invecchiamento	ISO 9227 nebbia salina ISO 6270-1 umidostato	1440 ore 760 ore	TUTTI I CICLI DI PITTURA In accordo con la Tabella 5 della norma ISO 20340 e in aggiunta e/o a maggior chiarimento: Difetti (Norma ISO 4628 - Parts 1 ÷ 6): • Sbollature (Blisters): Rating 0 • Ruggine (Rust): Grado Ri0 • Microfessure (Cracking): Classe 0 • Sfaldamento (Flaking): Classe 0 • Sfarinamento (Chalking): Classe 2 Adesione (UNI EN ISO 4624): >5,0MPa e 50% massimo di riduzione dal valore originale Corrosione dalla linea di incisione: M ≤ 2 mm
SISTEMA DI RIPARAZIONE DANNEGGIAMENTI CICLO B1				
<i>Danni al film con esposizione della superficie metallica</i>				
<i>PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE</i>				
Tipo e grado di preparazione		Sabbiatura a recupero grado Sa 2,5 o preparazione meccanica con pistola mille aghi o discatura con dischi P24-P36		
Profilo di ancoraggio		Rugosità 50-75 µm		
Livello di Sali Solubili totali		≤ 5 µg/cm ² (50 mg/m ²) – ISO 8502-6		
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Fondo surfacetolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		80 µm	
2	Fondo surfacetolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		100 µm	
3	Finitura poliuretanica alifatica		80 µm	
			NDFT Totale	260 µm
<i>Danni al film senza esposizione della superficie metallica</i>				
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Fondo surfacetolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		100 µm	
2	Finitura poliuretanica alifatica		80 µm	
			NDFT Totale	180 µm

6.3 CICLO B2

CICLO DI PITTURA		B2		
AMBIENTE OPERATIVO CLASSIFICATO UNI EN ISO 12944-2		C4: aree industriali ed aree costiere con moderata salinità		
CLASSE DI DURABILITA' UNI EN ISO 12944-5:2018		VH (più di 25 anni)		
DESCRIZIONE GENERICA: CICLO PER NUOVE COSTRUZIONI				
TIPO DI SUPPORTO:		Acciaio non rivestito, acciaio weathering o ex corten		
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE				
Tipo e grado di preparazione:		SSPC-SP1 Sabbatura SA 2,5		
Profilo di ancoraggio:		50 – 75 µm		
Livello di Sali Solubili totali:		≤ 5 µg/cm ² (50 mg/m ²) – UNI ISO EN 8502-6		
Imperfezioniacciaio e saldature:		Grado P2		
CICLO DI PITTURA				
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Primer bi componente epossipoliamicidico ad alto solido (>65%) con pigmentazione anticorrosiva attiva (es fosfati di zinco o equivalenti).		80 µm	
2	Primer bi componente epossipoliamicidico ad alto solido (>65%) con pigmentazione anticorrosiva attiva (es fosfati di zinco o equivalenti).		100 µm	
3	Finitura poliuretana fluorurata ad alto solido in volume (>=60% per prodotti a solvente; >=40% per prodotti all'acqua)		40 µm	
			NDFT Totale	220 µm
			Errore ammissibile	-10%
TEST PER LA QUALIFICA DEL CICLO DI PITTURA				
Test. N.	Denominazione	Norma	Metodo	Criteri di Accettabilità
1.0	Invecchiamento	ISO 9227 nebbia salina ISO 6270-1 umidostato	2000 ore 760 ore	TUTTI I CICLI DI PITTURA In accordo con la Tabella 5 della norma ISO 20340 e in aggiunta e/o a maggior chiarimento: Difetti (Norma ISO 4628 - Parts 1 ÷ 6): • Sbollature (Blisters): Rating 0 • Ruggine (Rust): Grado Ri0 • Microfessure (Cracking): Classe 0 • Sfaldamento (Flaking): Classe 0 • Sfarinamento (Chalking): Classe 2 Adesione (UNI EN ISO 4624): >5,0MPa e 50% massimo di riduzione dal valore originale Corrosione dalla linea di incisione: M ≤ 2 mm
SISTEMA DI RIPARAZIONE DANNEGGIAMENTI CICLO B2				
<i>Danni al film con esposizione della superficie metallica</i>				
<i>PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE</i>				
Tipo e grado di preparazione		Sabbatura a recupero grado Sa 2,5 o preparazione meccanica con pistola mille aghi o discatura con dischi P24-P36		
Profilo di ancoraggio		Rugosità 50-75 µm		
Livello di Sali Solubili totali		≤ 5 µg/cm ² (50 mg/m ²) – ISO 8502-6		
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Fondo surfacetolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		80 µm	
2	Fondo surfacetolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		100 µm	
3	Finitura poliuretana fluorurata ad alto solido in volume (>=60% per prodotti a solvente; >=40% per prodotti all'acqua)		40 µm	
			NDFT Totale	220 µm
<i>Danni al film senza esposizione della superficie metallica</i>				
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Fondo surfacetolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		100 µm	
2	Finitura poliuretana fluorurata ad alto solido in volume (>=60% per prodotti a solvente; >=40% per prodotti all'acqua)		40 µm	
			NDFT Totale	140 µm

6.4 CICLO C

CICLO DI PITTURA		C		
AMBIENTE OPERATIVO CLASSIFICATO UNI EN ISO 12944-2		C5: aree industriali con elevata umidità e atmosfera aggressiva; aree costiere con alta salinità		
CLASSE DI DURABILITA' UNI EN ISO 12944-5:2018		VH (più di 25 anni)		
DESCRIZIONE GENERICA: CICLO PER NUOVE COSTRUZIONI				
TIPO DI SUPPORTO:		Acciaio non rivestito		
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE				
Tipo e grado di preparazione:		SSPC-SP1 Sabbiatura SA 2,5		
Profilo di ancoraggio:		50 – 75 µm		
Livello di Sali Solubili totali:		≤ 5 µg/cm ² (50 mg/m ²) – UNI ISO EN 8502-6		
Imperfezionacciaio e saldature:		Grado P2		
CICLO DI PITTURA				
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Primer zincante epossidico bi componente avente un contenuto minimo di zinco >80%.		60 µm	
2	Primer bi componente epossipoliamidico ad alto solido (>65%).		160 µm	
3	Finitura poliuretanica fluorurata ad alto solido in volume (>=60% per prodotti a solvente; >=40% per prodotti all'acqua)		40 µm	
NDFT Totale			260 µm	
Errore ammissibile			-10%	
TEST PER LA QUALIFICA DEL CICLO DI PITTURA				
Test. N.	Denominazione	Norma	Metodo	Criteri di Accettabilità
1.0	Invecchiamento	ISO 12944.6:2018, Test Ciclico, durata del ciclo ISO 9227: 72 ore nebbia salina ISO 16474-3:2021 72 ore radiazione UV/A Cold check: - 20 ±2°C; 24 ore	Durata del test 16 cicli (2688 ore)	TUTTI I CICLI DI PITTURA In accordo con, norma ISO 12944.6:2018 – Annex B oag. 11; i risultati del test devono essere: Difetti (Norma ISO 4628 - Parts 1 + 6): • Sbollature (Blisters): Rating 0 • Ruggine (Rust): Grado Ri0 • Microfessure (Cracking): Classe 0 • Sfaldamento (Flaking): Classe 0 • Sfarinamento (Chalking): Classe 2 Adesione (UNI EN ISO 4624): > 5,0MPa e 50% massimo di riduzione dal valore originale Corrosione dalla linea di incisione: M ≤ 2 mm
SISTEMA DI RIPARAZIONE DANNEGGIAMENTI CICLO C				
<i>Danni al film con esposizione della superficie metallica</i>				
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE				
Tipo e grado di preparazione		Sabbiatura a recupero grado Sa 2,5 o preparazione meccanica con pistola mille aghi o discatura con dischi P24-P36		
Profilo di ancoraggio		Rugosità 30-50 µm		
Livello di Sali Solubili totali		≤ 5 µg/cm ² (50 mg/m ²) – ISO 8502-6		
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Fondo surfacetolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		100 µm	
2	Fondo surfacetolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		120 - 140 µm	
3	Finitura poliuretanica fluorurata ad alto solido in volume (>=60% per prodotti a solvente; >=40% per prodotti all'acqua)		40 µm	
NDFT Totale			260 - 280 µm	
<i>Danni al film senza esposizione della superficie metallica</i>				
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Fondo surfacetolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		80 - 100 µm	
2	Finitura poliuretanica fluorurata ad alto solido in volume (>=60% per prodotti a solvente; >=40% per prodotti all'acqua)		40 µm	
NDFT Totale			120 - 140 µm	

6.5 CICLO D

CICLO DI PITTURA		D		
AMBIENTE OPERATIVO CLASSIFICATO UNI EN ISO 12944-2		C4: aree industriali ed aree costiere con moderata salinità; C5: aree industriali con elevata umidità e atmosfera aggressiva; aree costiere con alta salinità		
CLASSE DI DURABILITA' UNI EN ISO 12944-5:2018		VH (più di 25 anni)		
DESCRIZIONE GENERICA: CICLO PER NUOVE COSTRUZIONI				
TIPO DI SUPPORTO:		Acciaio al carbonio zincato a caldo		
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE				
Tipo e grado di preparazione:		In funzione dell'ambiente di lavoro in stabilimento o sul campo		
Profilo di ancoraggio:		sabbatura con profilo 5 – 10 µm prima della pitturazione;		
Livello di Sali Solubili totali:		≤ 5 µg/cm ² (50 mg/m ²) – UNI ISO EN 8502-6		
Imperfezioni acciaio e saldature:		Grado P2		
CICLO DI PITTURA				
Mano	Tipo di pittura (in stabilimento, in linea)		NDFT (µm)	
1	Primer epossidico bicomponente-applicato in stabilimento con successiva cottura a 40 – 60°C per 60'.		60 µm	
2	Finitura poliuretanica fluorurata ad alto solido in volume (>=60%)		40 µm	
NDFT Totale			100 µm	
Errore ammissibile			-10%	
Mano	Tipo di pittura (of line o sul campo)		NDFT (µm)	
1	Primer bi componente epossipoliamicidico o acril poliuretanico		60 µm	
2	Finitura poliuretanica fluorurata ad alto solido in volume (>=60)		40 µm	
NDFT Totale			100 µm	
Errore ammissibile			-10%	
TEST PER LA QUALIFICA DEL CICLO DI PITTURA				
Test. N.	Denominazione	Norma	Metodo	Criteri di Accettabilità
1.0	Invecchiamento	ISO 12944.6:2018, Test Ciclico, durata del ciclo ISO 9227: 72 ore nebbia salina ISO 16475-3:2021 72 ore radiazione UV/A Cold check: - 20 ±2°C; 24 ore	Durata del test 10 cicli (1680 ore)	TUTTI I CICLI DI PITTURA In accordo con, norma ISO 12944.6:2018 – Annex B oag. 11; i risultati del test devono essere Difetti (Norma ISO 4628 - Parts 1 ÷ 6): • Sbollature (Blisters): Rating 0 • Ruggine (Rust): Grado Ri0 • Microfessure (Cracking): Classe 0 • Sfaldamento (Flaking): Classe 0 • Sfarinamento (Chalking): Classe 2 Adesione (UNI EN ISO 4624): >5,0MPa e 50% massimo di riduzione dal valore originale Corrosione dalla linea di incisione: M ≤ 2 mm
SISTEMA DI RIPARAZIONE DANNEGGIAMENTI CICLO D				
Danni al film con esposizione della superficie metallica				
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE				
Tipo e grado di preparazione		Irruvidimento o preparazione meccanica con pistola mille aghi o discatura con dischi P24-P36		
Profilo di ancoraggio		Rugosità 5-10 µm		
Livello di Sali Solubili totali		≤ 5 µg/cm ² (50 mg/m ²) – ISO 8502-6		
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Fondo epossidipoliamicidico bi-componente all'acqua o a solvente oppure fondo acriluretanico a solvente.		50 - 70 µm	
3	Finitura poliuretanica fluorurata ad alto solido in volume (>=60% per prodotti a solvente; >=40% per prodotti all'acqua)		40 µm	
NDFT Totale			90 - 130 µm	
Danni al film senza esposizione della superficie metallica				
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Fondo epossidipoliamicidico bi-componente all'acqua o a solvente oppure fondo acriluretanico a solvente.		30 - 40 µm	
2	Finitura poliuretanica fluorurata ad alto solido in volume (>=60% per prodotti a solvente; >=40% per prodotti all'acqua)		40 µm	
NDFT Totale			70 - 80 µm	

6.6 CICLO E

CICLO DI PITTURA		E		
AMBIENTE OPERATIVO CLASSIFICATO UNI EN ISO 12944-2		C3: Ambiente urbano e industriale, moderato inquinamento di SO ₂ ; aree costiere con bassa salinità C4: aree industriali ed aree costiere con moderata salinità C5: aree industriali con elevata umidità e atmosfera aggressiva; aree costiere con alta salinità		
CLASSE DI DURABILITA' UNI EN ISO 12944-5:2018		VH (più di 25 anni)		
DESCRIZIONE GENERICA: CICLO PER NUOVE COSTRUZIONI INTERNO CASSONI ED ALTRE ZONE INTERNE				
TIPO DI SUPPORTO:		Acciaio non rivestito, acciaio weathering o ex corten		
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE				
Tipo e grado di preparazione:		SSPC-SP1 Sabbatura SA 2,5		
Profilo di ancoraggio:		50 – 75 µm		
Livello di Sali Solubili totali:		≤ 5 µg/cm ² (50 mg/m ²) – UNI ISO EN 8502-6		
Imperfezionacciaio e saldature:		Grado P2		
CICLO DI PITTURA				
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Primer bi componente epossipoliamicidico ad alto solido (>65%) con pigmentazione anticorrosiva attiva (es fosfati di zinco o equivalenti).		100 µm	
2	Primer bi componente epossipoliamicidico ad alto solido (>65%) con pigmentazione anticorrosiva attiva (es fosfati di zinco o equivalenti).		120 µm	
NDFT Totale			220 µm	
Errore ammissibile			-10%	
TEST PER LA QUALIFICA DEL CICLO DI PITTURA				
Test. N.	Denominazione	Norma	Metodo	Criteria di Accettabilità
1.0	Invecchiamento	ISO 9227 nebbia salina	760 ore	TUTTI I CICLI DI PITTURA In accordo con la Tabella 5 della norma ISO 20340 e in aggiunta e/o a maggior chiarimento: Difetti (Norma ISO 4628 - Parts 1 ÷ 6): • Sbollature (Blisters): Rating 0 • Ruggine (Rust): Grado Ri0 • Microfessure (Cracking): Classe 0 • Sfaldamento (Flaking): Classe 0 Adesione (UNI EN ISO 4624): >5,0MPa e 50% massimo di riduzione dal valore originale Corrosione dalla linea di incisione: M ≤ 2 mm
SISTEMA DI RIPARAZIONE DANNEGGIAMENTI CICLO E				
Danni al film con esposizione della superficie metallica				
<i>PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE</i>				
Tipo e grado di preparazione		Sabbatura a recupero grado Sa 2,5 o preparazione meccanica con pistola mille aghi o discatura con dischi P24-P36		
Profilo di ancoraggio		Rugosità 50-75 µm		
Livello di Sali Solubili totali		≤ 5 µg/cm ² (50 mg/m ²) – ISO 8502-6		
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Fondo surfacetolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		80 µm	
2	Fondo surfacetolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		100 µm	
NDFT Totale			180 µm	
Danni al film senza esposizione della superficie metallica				
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Fondo surfacetolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		100 µm	
NDFT Totale			100 µm	

6.7 CICLO M1

CICLO DI PITTURA		M1		
AMBIENTE OPERATIVO CLASSIFICATO UNI EN ISO 12944-2		C4: aree industriali ed aree costiere con moderata salinità		
CLASSE DI DURABILITA' UNI EN ISO 12944-5:2018		H (più di 15 anni)		
DESCRIZIONE GENERICA: CICLO PER MANUTENZIONE				
TIPO DI SUPPORTO:		Acciaio non rivestito, acciaio weathering o ex corten		
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE				
Tipo e grado di preparazione:		ISO 8501-4 Idrolavaggio ad alta pressione – Grado di finitura minimo Wa2 Idrosabbatura in caso di forti fenomeni di corrosione localizzata		
CICLO DI PITTURA				
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Fondo surface tolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		80 µm	
2	Fondo surface tolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		100 µm	
3	Finitura poliuretanic alifatica		80 µm	
NDFT Totale			260 µm	
Errore ammissibile			-10%	
TEST PER LA QUALIFICA DEL CICLO DI PITTURA (utilizzando come supporto acciaio sabbato)				
Test. N.	Denominazione	Norma	Metodo	Criteri di Accettabilità
1.0	Invecchiamento	ISO 9227	760 ore	TUTTI I CICLI DI PITTURA In accordo con la Tabella 5 della norma ISO 20340 e in aggiunta e/o a maggior chiarimento: Difetti (Norma ISO 4628 - Parts 1 ÷ 6): <ul style="list-style-type: none"> • Sbollature (Blisters): Rating 0 • Ruggine (Rust): Grado Ri0 • Microfessure (Cracking): Classe 0 • Sfaldamento (Flaking): Classe 0 • Sfarinamento (Chalking): Classe 2 Adesione (UNI EN ISO 4624): >5,0MPa e 50% massimo di riduzione dal valore originale Corrosione dalla linea di incisione: $M \leq 2$ mm
SISTEMA DI RIPARAZIONE DANNEGGIAMENTI COME CICLO B1				
<i>Danni al film con esposizione della superficie metallica</i>				
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE				
Tipo e grado di preparazione		Preparazione meccanica con pistola mille aghi o discatura con dischi P24-P36 oppure idrolavaggio ad alta pressione		

6.8 CICLO M2

CICLO DI PITTURA		M2		
AMBIENTE OPERATIVO CLASSIFICATO UNI EN ISO 12944-2		C4: aree industriali ed aree costiere con moderata salinità C5: aree industriali con elevata umidità e atmosfera aggressiva; aree costiere con alta salinità		
CLASSE DI DURABILITA' UNI EN ISO 12944-5:2018		VH (più di 25 anni)		
DESCRIZIONE GENERICA: CICLO PER MANUTENZIONE				
TIPO DI SUPPORTO:		Acciaio non rivestito, acciaio weathering o ex corten		
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE				
Tipo e grado di preparazione:		ISO 8501-4 Idrolavaggio ad alta pressione – Grado di finitura minimo Wa2 Idrosabbatura in caso di forti fenomeni di corrosione localizzata		
CICLO DI PITTURA				
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Fondo surface tolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		80 µm	
2	Fondo surface tolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		120 µm	
3	Finitura poliuretana fluorurata		40 µm	
			NDFT Totale	240 µm
			Errore ammissibile	-10%
TEST PER LA QUALIFICA DEL CICLO DI PITTURA (utilizzando come supporto acciaio sabbato)				
Test. N.	Denominazione	Norma	Metodo	Criteri di Accettabilità
1.0	Invecchiamento	ISO 9227 nebbia salina	2000 ore	TUTTI I CICLI DI PITTURA In accordo con la Tabella 5 della norma ISO 20340 e in aggiunta e/o a maggior chiarimento: Difetti (Norma ISO 4628 - Parts 1 ÷ 6): <ul style="list-style-type: none"> • Sbollature (Blisters): Rating 0 • Ruggine (Rust): Grado Ri0 • Microfessure (Cracking): Classe 0 • Sfaldamento (Flaking): Classe 0 • Sfarinamento (Chalking): Classe 2 Adesione (UNI EN ISO 4624): >5,0MPa e 50% massimo di riduzione dal valore originale Corrosione dalla linea di incisione: $M \leq 2$ mm
SISTEMA DI RIPARAZIONE DANNEGGIAMENTO COME CICLO B2				
<i>Danni al film con esposizione della superficie metallica</i>				
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE				
Tipo e grado di preparazione		Preparazione meccanica con pistola mille aghi o discatura con dischi P24-P36 oppure idrolavaggio ad alta pressione		

6.9 CICLO M3

CICLO DI PITTURA		M3		
AMBIENTE OPERATIVO CLASSIFICATO UNI EN ISO 12944-2		C4: aree industriali ed aree costiere con moderata salinità C5: aree industriali con elevata umidità e atmosfera aggressiva; aree costiere con alta salinità		
DURABILITA' ATTESA		H (più di 15 anni)		
DESCRIZIONE GENERICA: CICLO PER MANUTENZIONE				
TIPO DI SUPPORTO:		Acciaio non rivestito, acciaio weathering o ex corten		
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE				
Tipo e grado di preparazione:		ISO 8501-4 Idrolavaggio ad alta pressione – Grado di finitura minimo Wa2 Idrosabbatura in caso di forti fenomeni di corrosione localizzata		
CICLO DI PITTURA				
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Fondo surface tolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		80 µm	
2	Fondo surface tolerant di tipo epossidico bi-componente: contenuto solidi in volume > 80%		120 µm	
NDFT Totale			200 µm	
Errore ammissibile			-10%	
TEST PER LA QUALIFICA DEL CICLO DI PITTURA (utilizzando come supporto acciaio sabbato)				
Test. N.	Denominazione	Norma	Metodo	Criteri di Accettabilità
1.0	Invecchiamento	ISO 9227 nebbia salina	760 ore	TUTTI I CICLI DI PITTURA In accordo con la Tabella 5 della norma ISO 20340 e in aggiunta e/o a maggior chiarimento: Difetti (Norma ISO 4628 - Parts 1 ÷ 6): <ul style="list-style-type: none"> • Sbollature (Blisters): Rating 0 • Ruggine (Rust): Grado Ri0 • Microfessure (Cracking): Classe 0 • Sfaldamento (Flaking): Classe 0 • Sfarinamento (Chalking): Classe 2 Adesione (UNI EN ISO 4624): >5,0MPa e 50% massimo di riduzione dal valore originale Corrosione dalla linea di incisione: $M \leq 2$ mm
SISTEMA DI RIPARAZIONE DANNEGGIAMENTO COME CICLO B2				
Danni al film con esposizione della superficie metallica				
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE				
Tipo e grado di preparazione		Preparazione meccanica con pistola mille aghi o discatura con dischi P24-P36 oppure idrolavaggio ad alta pressione		

6.10 CICLO M4

CICLO DI PITTURA				M4
AMBIENTE OPERATIVO CLASSIFICATO UNI EN ISO 12944-2		C4: aree industriali ed aree costiere con moderata salinità C5: aree industriali con elevata umidità e atmosfera aggressiva; aree costiere con alta salinità		
CLASSE DI DURABILITA' UNI EN ISO 12944-5:2018		VH (più di 25 anni)		
DESCRIZIONE GENERICA: CICLO PER MANUTENZIONE				
TIPO DI SUPPORTO:		Acciaio zincato a caldo, acciaio inossidabile, alluminio		
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE				
Tipo e grado di preparazione:		ISO 8501-4 Idrolavaggio ad alta pressione – Grado di finitura minimo Wa2 Idrosabbatura in caso di forti fenomeni di corrosione localizzata		
CICLO DI PITTURA				
Mano	Tipo di pittura		NDFT (μm)	
1	Applicazione localizzata di fondo bicomponente epossipoliamicidico a solvente o all'acqua sulle superfici ossidate		> 60 μm	
2	Applicazione generalizzata di finitura di tipo epossi-silossanica bicomponente: contenuto solidi in volume > 90%		> 60 μm	
NDFT Totale Errore ammissibile			120 μm -10%	
TEST PER LA QUALIFICA DEL CICLO DI PITTURA (utilizzando come supporto acciaio sabbiato)				
Test. N.	Denominazione	Norma	Metodo	Criteri di Accettabilità
1.0	Invecchiamento	ISO 9227 o ASTM B117, nebbia salina ISO 16474-3:2021	1000 ore 2000 ore	TUTTI I CICLI DI PITTURA Difetti (Norma ISO 4628 - Parts 1 ÷ 6): <ul style="list-style-type: none"> • Sbollature (Blisters): Rating 0 • Ruggine (Rust): Grado Ri0 • Microfessure (Cracking): Classe 0 • Sfaldamento (Flaking): Classe 0 • Sfarinamento (Chalking): Classe 2 Adesione (UNI EN ISO 4624): > 5 MPa e 50% massimo di riduzione dal valore originale Corrosione dalla linea di incisione: $M \leq 2$ mm
SISTEMA DI RIPARAZIONE DANNEGGIAMENTO COME CICLO B2				
<i>Danni al film con esposizione della superficie metallica</i>				
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE				
Tipo e grado di preparazione		Preparazione meccanica con pistola mille aghi o discatura con dischi P24-P36 oppure idrolavaggio ad alta pressione		

6.11 CICLO M5

CICLO DI PITTURA		M5		
AMBIENTE OPERATIVO CLASSIFICATO UNI EN ISO 12944-2		C4: aree industriali ed aree costiere con moderata salinità C5: aree industriali con elevata umidità e atmosfera aggressiva; aree costiere con alta salinità		
CLASSE DI DURABILITA' UNI EN ISO 12944-5:2018		VH (più di 25 anni)		
DESCRIZIONE GENERICA: CICLO PER MANUTENZIONE				
TIPO DI SUPPORTO:		Acciaio al carbonio, acciaio zincato a caldo		
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE				
Tipo e grado di preparazione:		ISO 8501-1 Sabbatura generalizzata grado SA 2-2.5 mediante spongejet, steamblasting o equivalente		
CICLO DI PITTURA				
Mano	Tipo di pittura		NDFT (μm)	
1	Protettivo zincante monocomponente a film avente un contenuto di zinco metallico > 92%, preferibilmente > 95%		80 μm	
2	Tie coat di tipo epossidico bi-componente		40 μm	
3	Finitura poliuretanica fluorurata		40 - 50 μm	
			NDFT Totale	140 - 170 μm
			Errore ammissibile	-10%
TEST PER LA QUALIFICA DEL CICLO DI PITTURA (utilizzando come supporto acciaio sabbiato)				
Test. N.	Denominazione	Norma	Metodo	Criteri di Accettabilità
1.0	Invecchiamento	ISO 12944.6:2018, Test Ciclico, durata del ciclo ISO 9227: 72 ore nebbia salina ISO 16474-3:2021: 72 ore radiazione UV/A Cold check: - 20 \pm 2°C; 24 ore	Durata del test cicli 20 (2668 ore)	TUTTI I CICLI DI PITTURA Difetti (Norma ISO 4628 - Parts 1 ÷ 6): <ul style="list-style-type: none"> • Sbollature (Blisters): Rating 0 • Ruggine (Rust): Grado Ri0 • Microfessure (Cracking): Classe 0 • Sfaldamento (Flaking): Classe 0 • Sfarinamento (Chalking): Classe 2 Adesione (UNI EN ISO 4624): > 4,5 MPa e 50% massimo di riduzione dal valore originale Corrosione dalla linea di incisione: $M \leq 2$ mm
SISTEMA DI RIPARAZIONE DANNEGGIAMENTO COME CICLO B2				
<i>Danni al film con esposizione della superficie metallica</i>				
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE				
Tipo e grado di preparazione		Preparazione meccanica con pistola mille aghi o discatura con dischi P24-P36 oppure idrolavaggio ad alta pressione		

6.12 CICLO M6

CICLO DI PITTURA		M6		
AMBIENTE OPERATIVO CLASSIFICATO UNI EN ISO 12944-2		C4: aree industriali ed aree costiere con moderata salinità C5: aree industriali con elevata umidità e atmosfera aggressiva; aree costiere con alta salinità		
CLASSE DI DURABILITA' UNI EN ISO 12944-5:2018		C4: VH (più 25 anni) C5: H (più di 15 anni)		
DESCRIZIONE GENERICA: CICLO PER MANUTENZIONE				
TIPO DI SUPPORTO:		Acciaio al carbonio, acciaio zincato a caldo		
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE				
Tipo e grado di preparazione:		ISO 8501-1 Sabbatura generalizzata grado SA 2-2.5 mediante spongejet, steamblasting, sabbatura tardizionale o equivalente		
CICLO DI PITTURA				
Mano	Tipo di pittura		NDFT (µm)	
1	Protettivo zincante monocomponente a film avente un contenuto di zinco metallico > 92%, preferibilmente > 95%		80 µm	
2	Finitura pittura bicomponente epossisilossanica, solido in volume > 90%		80 µm	
NDFT Totale			160 µm	
Errore ammissibile			-10%	
TEST PER LA QUALIFICA DEL CICLO DI PITTURA (utilizzando come supporto acciaio sabbiato)				
Test. N.	Denominazione	Norma	Metodo	Criteri di Accettabilità
1.0	Invecchiamento	ISO 9227 nebbia salina	1440 ore	TUTTI I CICLI DI PITTURA Difetti (Norma ISO 4628 - Parts 1 + 6): <ul style="list-style-type: none"> • Sbollature (Blisters): Rating 0 • Ruggine (Rust): Grado Ri0 • Microfessure (Cracking): Classe 0 • Sfaldamento (Flaking): Classe 0 • Sfarinamento (Chalking): Classe 2 Adesione (UNI EN ISO 4624): > 4,5 MPa e 50% massimo di riduzione dal valore originale Corrosione dalla linea di incisione: $M \leq 3$ mm
SISTEMA DI RIPARAZIONE DANNEGGIAMENTO COME CICLO B2				
Danni al film con esposizione della superficie metallica				
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE				
Tipo e grado di preparazione		Preparazione meccanica con pistola mille aghi o discatura con dischi P24-P36 oppure idrolavaggio ad alta pressione		

7 ALLEGATO 2

7.1 TEST DI CARATTERIZZAZIONE DELLE SINGOLE PITTURE COSTITUENTI I CICLI.

Data Emissione:		Base	Catalizzatore
Nome della pittura:			
Nome del Colorificio:			
Lotto di produzione:			
Data di produzione:			
		Metodo	Risultato
Parametri Principali	Contenuto di resina (in peso)	Per differenza	± 2%
	Contenuto di pigmento (incluso riempitivi in peso)	ISO 14680-2	± 2%
	Spettrogramma infrarosso	ASTM D 2372 ASTM D 2621	
	Caratterizzazione Calorimetria mediante analisi DSC		
	Residuo secco (in peso)	ISO 3251	± 3%
	Densità	Parte appropriata- dell'ISO 2811	± 0,05 g/ml
	Punto di infiammabilità	ISO 3679	±5%
	Tempo di essiccazione	ISO 9117-3:2010 A (23 ±2)°C e (50 ±5)% UR	±5%
	Contenuto pigmento (in peso) ove necessario	Zn metallico/ Zn Totale	ISO 14680-2



Anas S.p.A.

Via Monzambano, 10 - 00185 Roma

www.stradeanas.it



Direzione / Struttura Territoriale _____ /
Area Gestione Rete _____

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO

Norme Tecniche per l'esecuzione del Contratto

Parte 2

IT.MO.05.52 - Rev. 2

Opere in verde - Manutenzione

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Operation e Coordinamento Territoriale	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers. Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016
2.0	Seconda emissione	GEN. 2021

INDICE

PARTE 1	6
DEFINIZIONE TECNICA ED ECONOMICA DELL'APPALTO	6
1 OGGETTO DELL'APPALTO	6
2 QUADRO ECONOMICO ED AMMONTARE DELL'APPALTO	7
2.1 SERVIZI A CORPO	7
2.2 SERVIZI A MISURA (OVE PREVISTI)	8
3 DISPOSIZIONI GENERALI	9
PARTE 2	9
CAPO 1	9
(MANUTENZIONE)	9
4 SFALCIO DI ERBE	9
5 MANUTENZIONE E COLTURA	11
5.1 SARCHIATURE	11
5.2 POTATURE	11
5.2.1 POTATURE DI FORMAZIONE, CONSERVAZIONE E RIQUADRATURA	11
5.2.2 POTATURE DI RIFORMA E RIGENERAZIONE	12
5.3 TRATTAMENTI ANTICRITTOGRAMICI ED INSETTICIDI	13
6 USO DEL DISERBANTE NELLE AREE DI PERTINENZA STRADALE	13
7 DECESPUGLIAMENTO	13
8 IRRIGAZIONE DI SOCCORSO	13
9 PULIZIA RELIQUATI	14
10 PROFILATURA MECCANICA DELLE BANCHINE	14
11 PRESCRIZIONI PARTICOLARI	15
11.1 SEGNALETICA DI SICUREZZA	15
11.2 MODALITA' PARTICOLARI E LIMITAZIONE DEI SERVIZI	15
11.3 PULIZIA DEL PIANO VIABILE	15
11.4 RIPRISTINO ED ALLINEAMENTO DELLA SEGNALETICA VERTICALE	16
CAPO 2 (DA INSERIRE OVE NECESSARIO)	16
(NUOVI IMPIANTI)	16

12	RIVESTIMENTI DELLE SCARPATE	16
13	FORNITURA E SISTEMAZIONE DI TERRENO VEGETALE NELLE AIUOLE	16
14	SEMINA DI MISCUGLI DIVERSI DI SPECIE ERBACEE	17
14.1	PREPARAZIONE DEL TERRENO	17
14.2	CONCIMAZIONI	17
14.3	SEMINE	18
CAPO 3		18
(NORME DI MISURA, CONTABILITÀ E LIQUIDAZIONE)		18
15	CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA	18
15.1	PIANIFICAZIONE OPERATIVA DEGLI INTERVENTI	18
15.2	COMPOSIZIONE MINIMA DELLE SQUADRE E DOTAZIONI	19
15.3	COMUNICAZIONI DI SERVIZIO	20
16	ONERI COMPRESI E COMPENSATI NEL CORRISPETTIVO	21
17	LIVELLI DI SERVIZIO E STANDARD QUALITATIVI	23
18	MISURAZIONE DELLE PRESTAZIONI	24
19	CONTABILITÀ E LIQUIDAZIONE LAVORAZIONI A CORPO	24
20	CONTABILITÀ E LIQUIDAZIONE LAVORAZIONI A MISURA	25
21	ANOMALIE E DISALLINEAMENTI	26
22	RIEPILOGO PENALI	27

ESERCIZIO			
PROGETTO / PERIZIA n°	del.....	D.C. n°.....	del.....
A. Importo servizi a corpo	€		
B. Importo servizi a misura	€		
C. Importo Complessivo (A+B)	€		
D. Oneri della Sicurezza	€		
E. IMPORTO COMPLESSIVO DELL'APPALTO	€		
Categoria prevalente		
Tempo Utile gg.	scadenza il.....		

PARTE 1

DEFINIZIONE TECNICA ED ECONOMICA DELL'APPALTO

1 OGGETTO DELL'APPALTO

L'appalto ha per oggetto l'esecuzione dei servizi di manutenzione delle opere in verde, sulle strade di competenza del C.M. ____ N. ____, secondo lo specifico progetto/perizia, con i relativi disegni ed allegati, espressamente approvato da ANAS S.p.A. con atto n. ____ del ____.

Le principali attività disciplinate dal presente Capitolato Speciale consistono essenzialmente in:

- Manutenzione del "patrimonio vegetale" esistente, con criteri funzionali all'esercizio dell'infrastruttura stradale e con generale riferimento alla sicurezza delle strade e delle relative pertinenze accessorie;
- Attività integrative di cura, coltivazioni specifiche, ampliamento e valorizzazione del patrimonio vegetale.

Tali attività saranno realizzate per un periodo di lungo le seguenti Strade:

SS	tronco: dal km	al km	Indicare fascia d'intervento	Larghezza
SS	tronco: dal km	al km		
SS	tronco: dal km	al km		
SS	tronco: dal km	al km		

La pianificazione del programma degli interventi che l'Appaltatore prospetta per l'esecuzione del servizio, all'interno dell'offerta tecnico-economica, scaturisce dalla consapevolezza delle esigenze e prescrizioni riportate nel CSA e tiene conto di tutte le attività che devono essere eseguite per il corretto ed efficace svolgimento dei servizi prestazionali previsti. Tale pianificazione viene formulata a seguito di un'attenta valutazione delle specificità delle varie zone d'intervento (dislocazione, caratteristiche pedo-climatiche, intensità del traffico, etc.), sulla base della quale vengono definiti i tempi e le frequenze d'intervento, attesa la produttività delle squadre operative che l'Appaltatore destina per l'esecuzione di ogni lavorazione al fine di garantire il rispetto degli standard qualitativi richiesti dal CSA e il loro mantenimento per tutto il periodo contrattuale.

Resta ferma la possibilità per ANAS S.p.A. di apportare modifiche conseguenti a variazioni della lunghezza dei tronchi stradali dovuti a statizzazioni, aperture al traffico di nuove tratte e cessioni di strade, manutenzioni straordinarie dovute ad eventi imprevedibili quali, eventi meteorici, incidenti o eventi connessi all'esercizio o alle mutevoli condizioni del traffico.

Le lavorazioni possono essere eseguite in orario notturno e/o in giornate festive in funzione delle

esigenze legate al traffico, a cantierizzazioni e/o specifiche motivazioni puntuali sulla base di richiesta specifica di ANAS ovvero su proposta dell'Appaltatore formulata in sede di offerta. Tali prestazioni sono sempre da intendersi ricomprese nell'importo contrattuale, senza maggiorazione alcuna.

2 QUADRO ECONOMICO ED AMMONTARE DELL'APPALTO

Il corrispettivo contrattuale corrisponde all'importo di cui al progetto ANAS S.p.A., approvato con atto n. _____ del _____, come risultante dall'eventuale ribasso offerto dall'aggiudicatario in sede di gara, applicato all'importo a base di appalto aumentato degli oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso ai sensi della normativa vigente.

I servizi vengono appaltati a corpo e parte a misura, laddove previsto, secondo il suddetto progetto, come viene appreso indicato.

Il prezzo convenuto è fisso ed invariabile, in quanto riferito alle attività da svolgere considerate globalmente. Non è prevista alcuna modifica del prezzo convenuto sulla base di una verifica delle quantità delle lavorazioni effettivamente eseguite.

Pertanto, si intende escluso il riferimento alle singole voci di elenco prezzi ed alla relativa analisi, rilevando per l'O.E. esclusivamente il Capitolato Speciale di Appalto.

Ne discende la immodificabilità del prezzo "a corpo", con assunzione da parte dell'Appaltatore dell'alea rappresentata dalla maggiore o minore quantità dei fattori produttivi che si rendano necessari per assolvere a quanto previsto nella sua offerta.

2.1 SERVIZI A CORPO

Si appaltano a corpo i servizi e le attività finalizzate prioritariamente al mantenimento dei livelli di sicurezza, efficienza e funzionalità del patrimonio vegetale di ANAS S.p.A. e delle relative aree destinate a verde, comprese le rispettive pertinenze esclusive ed accessorie.

Trattasi di operazioni sistematiche e programmate di manutenzione delle opere in verde, servizi connessi e riguardanti il patrimonio vegetale di ANAS S.p.A. nelle aree verdi pertinenziali delle Strade Statali e degli svincoli.

Tali prestazioni si riassumono in via esemplificativa e non esaustiva come segue:

- Sfalcio erba (banchine, scarpate, aiuole) con aspirazione e smaltimento del materiale di risulta e dei rifiuti presenti sulle aree oggetto delle attività di sfalcio, nel rispetto anche di eventuali leggi/norme specifiche regionali;
- Sarchiature;
- Decespugliamento;

- Potature, sfrondate, taglio di alberi di piccolo fusto, compresi i canneti, ramaglie, rami pericolanti o secchi che sono pericolosi per la circolazione stradale;
- Ripristino ed allineamento della segnaletica verticale e marginale (in particolare segnalimiti e cippi) eventualmente danneggiata dalle operazioni di sfalcio/potatura;
- Ripristino delle barriere stradali eventualmente danneggiate dalle operazioni di sfalcio/potatura.

2.2 SERVIZI A MISURA (OVE PREVISTI)

Le attività appaltate a misura riguardano essenzialmente prestazioni specifiche atte prevalentemente a modificare il patrimonio vegetale di ANAS S.p.A., adeguandolo o integrandolo a carenze ovvero a sopravvenute esigenze funzionali di esercizio od ambientali, consistenti in via esemplificativa e non esaustiva nelle seguenti attività:

- Sistemazioni di terreno su pendici di scarpate erose;
- Nuove piantumazioni, rimboschimenti, inerbimenti, idrosemine, etc.;
- Ripristini a seguito di eventi particolari o incidenti occorsi;
- Miglioramento della funzionalità ed integrazioni del patrimonio vegetale esistente;
- Messa a dimora e spostamento delle piante;
- Cura e potature periodiche di essenze arboree ed arbustive;
- Estrazione dal vivaio e controllo delle piante;
- Rimboschimento con semenzali e impianto di talee;
- Fornitura e sistemazione di terreno vegetale nelle aiuole;
- Rivestimenti di scarpate;
- Concimazioni e pacciamature;
- Semine / idrosemine;
- Apertura di buche e fosse per la messa a dimora delle piante.

RIEPILOGO

A -	Importo servizi a corpo:	€
B -	Importo servizi a misura:	€
C -	Importo Complessivo (A+B):	€
D -	Oneri della Sicurezza:	€
E -	IMPORTO COMPLESSIVO DELL'APPALTO (C+D):	€

Nei contratti pluriennali gli importi appaltati a corpo ed a misura sono ripartiti e predeterminati per ciascun anno e pertanto le rispettive quote annuali non potranno essere superate. Gli importi destinati alle lavorazioni a corpo non potranno essere in ogni caso impiegati per le lavorazioni a misura.

I servizi "a misura" si possono realizzare secondo una specifica programmazione temporale disposta con Ordine di Servizio del Direttore dell'Esecuzione del Contratto (D.E.C.), ove debba attendersi a specifiche esigenze d'esercizio, senza che l'Appaltatore possa pretendere speciali compensi, risarcimenti o modifiche dei prezzi di contratto; tali servizi sono da intendersi al netto di eventuali lavorazioni offerte dall'Appaltatore in sede di gara.

3 DISPOSIZIONI GENERALI

L'Impresa deve eseguire anche le lavorazioni non ricomprese nel presente Capitolato Speciale, nonché quelle ulteriormente proposte/disposte, utilizzando i migliori procedimenti prescritti dalla tecnica e dalla normativa vigente, attenendosi altresì agli Ordini di Servizio che possono essere impartiti dal D.E.C. all'atto esecutivo e sulla base delle eventuali migliorie offerte in sede di gara.

Tutte le forniture ed i servizi, principali ed accessori previsti o eventuali, devono essere eseguiti a perfetta regola d'arte, con materiali appropriati e rispondenti alla specie di lavoro che si richiede ed alla loro destinazione.

Nel corso di tutte le lavorazioni, l'Impresa, ai sensi della vigente normativa, deve sempre provvedere tempestivamente alla raccolta ed al trasporto a rifiuto della biomassa e dei rifiuti solidi urbani di piccola entità in essa contenuti e dispersi, quali rifiuti plastici, cartacei, metallici, etc., come meglio individuati dall'art. 184 comma 2 lettere c), d) ed e), nel rispetto di tutte le norme e disposizioni, anche di carattere regionale, vigenti, nonché in adempimento a quanto previsto nell'Allegato "Ambiente" allo schema di contratto.

ANAS S.p.A. si riserva ogni diritto e facoltà di ordinare all'Impresa specifiche destinazioni finali delle biomasse "di risulta" dei servizi appaltati, nel caso in cui intervengano norme, le quali, pur entrando in vigore successivamente all'aggiudicazione dell'appalto, ne consentano la valorizzazione o la commercializzazione a fini produttivi, di riuso o energetici.

Quanto sopra avviene comunque senza alcun aggravio di spese per ANAS S.p.A. né determina alcun diritto per l'Appaltatore di richiedere speciali ulteriori compensi, salvo il caso in cui le destinazioni finali indicate da ANAS risultino distanti oltre 20 Km dalle strade oggetto dell'appalto.

PARTE 2

CAPO 1

(MANUTENZIONE)

4 SFALCIO DI ERBE

Lo sfalcio di tutte le erbe presenti entro i confini della proprietà, o comunque di competenza di ANAS S.p.A., che deve avvenire secondo quanto di seguito riportato, è eseguito per scopi di sicurezza, fasce di visibilità (pericolo d'incendio, propagazione del fuoco, visibilità della segnaletica), protezione delle scarpate da fenomeni di erosione superficiale, ruscellamento, corrivazione e di ordine estetico.

Questa operazione deve contribuire all'infittimento della cotica polifita stabile e quindi a potenziare la funzione di preservazione del suolo e lo sviluppo equilibrato delle specie che compongono il consorzio erbaceo stesso.

I servizi devono essere eseguiti con le modalità dettate dalla buona tecnica agraria, nei tempi tecnici più opportuni ed avendo cura che il taglio dell'erba venga eseguito a raso del terreno, ossia a pochi centimetri sopra il colletto delle piante erbacee.

L'Impresa può operare utilizzando mezzi meccanici tradizionali, a condizione però che il materiale sfalciato venga immediatamente raccolto e trasportato a discarica (dandone comprova al D.E.C. tramite idonea documentazione FIR) o anche impiegando moderne attrezzature e macchinari, rispondenti alle norme in vigore con speciale riguardo alla sicurezza, in grado di tritare ed aspirare la biomassa e depositarla su apposito contenitore per il successivo trasporto a rifiuto o presso i punti di raccolta.

È obbligo dell'Impresa provvedere alla pulizia degli embrici e dei fossi di guardia presenti lungo le scarpate stradali dal materiale di risulta dello sfalcio.

Le aree e le misure oggetto degli sfalci nonché le operazioni da eseguire sono quelle specificate nel progetto e comunque includono quanto sotto riportato:

- a) **sfalcio erbe delle banchine laterali del corpo stradale, dei rami di svincolo, dei posti di manutenzione, dei parcheggi, etc.:** lo sfalcio interessa la banchina laterale per una larghezza non inferiore a mt. 1,00 e comunque secondo le indicazioni fornite nel progetto; lungo la banchina laterale l'Impresa deve avere cura di asportare anche gli stoloni di gramigna e di altre specie erbacee che si radicano sulla banchina stessa e si sviluppano, strisciando, sulla pavimentazione bituminosa;
- b) **sfalcio erbe sulla banchina centrale spartitraffico:** lo sfalcio deve essere eseguito sia nei tratti di spartitraffico liberi da piantagioni che sui tratti ove sono a dimora specie arbustive; anche in questo caso l'Impresa deve avere cura di asportare gli stoloni di gramigna o di altre specie erbacee che radicano nell'aiuola spartitraffico e si sviluppano, strisciando, sopra i cordoli e nelle corsie di sorpasso;
- c) **sfalcio erbe su tutte le scarpate:** il taglio dell'erba deve essere fatto su tutto lo sviluppo delle scarpate, sia in rilevato che in trincea, comprese le banchine a piè di scarpa o sulla sommità delle stesse, le sponde ed il fondo dei fossi di guardia, fino alla recinzione ovvero sino al limite di proprietà come indicato dal D.E.C., ad eccezione di tutte le superfici, sia in rilevato che in trincea, occupate da speciali impianti erbacei, arbustivi ed arborei; in caso di assenza della recinzione o altre indicazioni da parte del D.E.C., il limite di proprietà si intende coincidente con il piede del rilevato o la sommità della scarpata in trincea ovvero con il bordo esterno delle opere di presidio idraulico (fosso di guardia o cunetta); durante l'esecuzione di tutti gli interventi da eseguirsi in trincea, si dovrà procedere al taglio dell'erba iniziando dalla sommità (rete) verso la banchina stradale, al fine di evitare che il

dilavamento dovuto a temporali improvvisi trascini l'erba sfalciata sulla sede stradale o nelle cunette di scivolo;

- d) **sfalcio erbe su tutte le aree particolari**, come aree interne ai rami di svincolo, aree di parcheggio, posti di manutenzione e centri di manutenzione.

Il materiale di risulta ottenuto dalle operazioni di sfalcio deve essere raccolto ed allontanato dalle pertinenze stradali nel più breve tempo possibile e comunque nel corso della giornata lavorativa.

La raccolta e l'allontanamento dell'erba devono essere eseguiti con la massima cura, evitandone la dispersione sul piano viabile, sistemando il carico sugli automezzi e munendolo di apposite reti di protezione.

È assolutamente vietato bruciare l'erba sulle pertinenze stradali.

L'Impresa è responsabile degli eventuali danni che per qualsiasi causa potessero derivare ad ANAS S.p.A. o a terzi a seguito del mancato o ritardato allontanamento di tutti i materiali di risulta.

5 MANUTENZIONE E CULTURA

Sulla banchina centrale spartitraffico o dovunque siano radicate le specie arbustive a funzione antiabbagliante e/o estetica, l'Impresa deve attuare una serie di operazioni di manutenzione e coltura, atte a garantire la piena efficienza degli impianti.

Le pratiche colturali sono le seguenti.

5.1 SARCHIATURE

Ogni volta che il terreno si presenta costipato, riarso, poco aerato e coperto da vegetazione infestante, l'Impresa deve provvedere alla sarchiatura.

L'operazione di sarchiatura deve essere eseguita manualmente con l'impiego di piccoli attrezzi quali zappe, zappette o meccanicamente con piccole frese e deve interessare una fascia di terreno larga m. 0,80 a cavallo delle piantagioni se queste sono disposte a filare semplice o doppio. La sarchiatura viene fatta preferibilmente alcuni giorni dopo il verificarsi di precipitazioni piovose.

L'Impresa, nell'eseguire lavori di sarchiatura, deve adottare tutti quegli accorgimenti necessari atti ad evitare che il terreno smosso venga dilavato sulla pavimentazione da eventuali piogge e che l'operazione sia effettuata con il terreno in tempera e quando le piante sono perfettamente asciutte.

5.2 POTATURE

5.2.1 POTATURE DI FORMAZIONE, CONSERVAZIONE E RIQUADRATURA

La D.E.C. prescrive le periodiche potature delle piante che possono variare come intensità e come numero, in relazione alla specie od al sistema di impianto a moduli o filari.

La potatura ha carattere di formazione e conservazione delle piante, riquadratura di siepi, profilatura di aiuole, etc.

Sia nel caso di siepi e cespugli, sia nel caso di essenze arboree (di qualsiasi specie), deve essere mantenuta uniformemente l'altezza al di sotto della quota dei cartelli segnaletici eventualmente presenti e della segnaletica stradale in generale, consentendone sempre la piena visibilità. L'ingombro trasversale degli stessi deve consentire la piena visibilità dei catadiottri e della segnaletica marginale in genere e comunque non invadere mai la sede stradale. Durante le operazioni di potatura l'Impresa deve provvedere anche:

- alla rimonda ossia alla asportazione totale di quei rami, anche se principali, morti o irrimediabilmente ammalati (per tutte le siepi indipendentemente dalle specie che le compongono);
- alla spollonatura dei rami più vecchi, più sviluppati e/o in sovrannumero (per le sole siepi costituite da oleandro).

L'effetto estetico della siepe non deve in alcun modo essere compromesso dall'adozione di tecniche di potatura e dall'esecuzione della stessa in periodi inadatti alla fisiologia e alla fenologia delle specie impiegate che possano inoltre determinare fallanze e/o stati di stress.

In tali casi la D.E.C. dispone le cure necessarie o, nei casi estremi, la rimozione e il reintegro delle specie compromesse a cura e spese dell'Impresa.

Durante le operazioni di potatura l'Impresa deve provvedere anche al taglio dei succhioni (branche) che possono squilibrare lo sviluppo delle piante ed alla rimonda, ossia all'asportazione totale di quei rami, anche se principali, morti o irrimediabilmente ammalati. Il taglio di potatura deve essere eseguito impiegando attrezzature idonee come forbici a doppio taglio ben affilate, cesoie da potature, tosasiepi a lame dritte od ondulate, seghetti, forbici pneumatiche, etc., in modo che il taglio dei rami, sia principali che secondari, risulti netto e le ferite ridotte al minimo della superficie. È assolutamente vietato l'impiego di macchine idrauliche con battitori dentati, martelletti rotanti e similari onde evitare gravi danni alle piantagioni come sfilacciamento di tessuti, scosciatura di rami, lesioni alla corteccia ed eventuali gravi lacerazioni alle parti colpite.

Le operazioni di taglio di ramaglie da cespugli e da piante arboree esistenti sulle scarpate stradali e che invadono il piano viabile, il ciglio o la banchina stradali, devono essere eseguite fino a rendere completamente libera la sagoma in proiezione verticale compresa fra i cigli esterni della piattaforma stradale, con salvaguardia dell'eventuale rinnovazione arborea, compreso il trasporto del materiale di risulta ai centri di smaltimento autorizzati.

5.2.2 POTATURE DI RIFORMA E RIGENERAZIONE

Nei tratti dove le piante, gli arbusti e/o le siepi si presentino eccessivamente sviluppati, defogliati in basso, con polloni eccessivamente lignificati, ammalorati per vetustà o per attacchi parassitari e crittogamici, l'Impresa deve eseguire un'adeguata potatura di ringiovanimento che, a seconda delle

specie a dimora, assume carattere di vera e propria ceduzione, spollonamento, capitozzatura, diradamento, etc., in maniera da consentire una efficace ripresa vegetativa e rinnovare la siepe anabagliante esistente.

Tali operazioni devono essere eseguite con l'impiego di adeguata attrezzatura, rispettando quanto disposto al precedente punto.

5.3 TRATTAMENTI ANTICRITTOGRAMICI ED INSETTICIDI

È vietato l'uso di fitofarmaci e prodotti fitosanitari.

6 USO DEL DISERBANTE NELLE AREE DI PERTINENZA STRADALE

È vietato l'uso del diserbante.

7 DECESPUGLIAMENTO

Il decespugliamento della fascia di terreno interessante la recinzione (laddove presente), posta al confine della proprietà di ANAS S.p.A., viene eseguito al fine di evitare danneggiamenti alla rete di recinzione e contemporaneamente per poter controllare la continua efficienza della recinzione stessa; consiste nella eliminazione, con mezzi meccanici e/o manuali, quali forbici pneumatiche, motoseghe, decespugliatori, roncole, etc., della vegetazione di qualunque genere, sia erbacea che arbustiva (acacia, acero, ontani, canne palustri, more selvatiche, convolvolo, etc.) intrecciata nella rete di recinzione oppure che insiste nelle immediate adiacenze ed interessa una fascia di almeno 50 cm. per parte.

Tutto il materiale di risulta proveniente da tale operazione deve essere immediatamente allontanato dalla proprietà e trasportato a rifiuto.

8 IRRIGAZIONE DI SOCCORSO

Le piante (arbusti, cespugli e alberi) presenti nelle aree relative al servizio, devono essere irrigate ogni qualvolta le condizioni ambientali lo rendano necessario per evitare morie dovute a danni da caldo. Le irrigazioni di soccorso sono effettuate con l'utilizzo di autobotte o altro mezzo idoneo fornito dall'Impresa. Per ogni singolo intervento di irrigazione la quantità d'acqua deve essere commisurata al fabbisogno idrico delle piante.

Gli oneri di concessione per l'attingimento dell'acqua necessaria, i relativi consumi e quant'altro, sono a carico dell'Impresa alla quale è demandato, inoltre, il compito per l'ottenimento della concessione stessa. In caso di omissione delle dovute irrigazioni, qualora la Direzione dell'Esecuzione del Contratto dovesse accertare una o più violazioni della prescrizione sopra evidenziata, applicherà, a suo insindacabile giudizio, una penale che sarà calcolata in percentuale del danneggiamento sul valore di mercato per gli arbusti e gli alberi danneggiati oppure in base a tabelle di valutazione delle piante ornamentali per gli alberi di qualunque età. Sempre ad insindacabile giudizio della D.E.C., qualora il danno venisse reputato irrimediabile, l'Impresa dovrà provvedere alla imme-

diata sostituzione delle piante danneggiate senza potersi opporre in alcun modo. Reiterati danneggiamenti a carico del patrimonio vegetale potranno inoltre costituire causa di risoluzione del contratto.

9 PULIZIA RELIQUATI

La pulizia radicale delle superfici dei reliquati stradali, individuati nell'art. 1 o nel progetto/perizia, dalla vegetazione di qualunque genere, a consistenza sia erbacea che arbustiva, è eseguita con idonea attrezzatura trinciastocchi abbinata ad un trattore di adeguata potenza, tanto da poter intervenire anche su piante e/o arbusti aventi un diametro di 30 - 40 mm.

Il materiale proveniente da tale operazione deve essere sminuzzato in dimensioni tali da renderlo marcescibile in breve tempo.

10 PROFILATURA MECCANICA DELLE BANCHINE

Nei tratti stradali ove la pavimentazione a margine con le banchine risulta invasa da vegetazione infestante costituita sia da gramigna che da altre specie e nello stesso tempo ricoperta da detriti, terra, sabbia, pietrisco, l'Impresa deve eseguire il lavoro di profilatura meccanica.

La profilatura meccanica delle banchine deve essere eseguita con appositi gruppi sbanchinatori capaci di effettuare la fresatura radente delle erbe che spuntano dalla pavimentazione bituminosa e contemporaneamente tagliare gli stoloni di quelle striscianti che, radicate sulle banchine, si sviluppano verso la pavimentazione stessa.

L'operazione di sbanchinatura è completata dall'asportazione di tutti i materiali di risulta delle operazioni di fresatura e taglio laterale e di quelli terrosi che si dovessero trovare al margine della pavimentazione.

Il lavoro deve interessare una larghezza media di cm. 50.

La fresatura deve essere eseguita in maniera tale da eliminare tutti i crateri eventualmente formati senza peraltro scalfire o danneggiare la pavimentazione stessa.

L'allontanamento dei materiali di risulta è effettuato con apposito ventilatore-aspiratore al fine di rendere perfettamente libera da qualsiasi materiale estraneo la pavimentazione a margine.

Le macchine operatrici devono marciare in aderenza al ciglio erboso, con andamento perfettamente lineare evitando serpeggiamenti e possibili danni alle incigliature.

L'Impresa è libera di effettuare le operazioni previste con qualsiasi mezzo meccanico idoneo al particolare lavoro ma a condizione che non arrechi danno al patrimonio stradale e non rappresenti pericolo od intralcio per il normale esercizio del traffico.

Il lavoro di profilatura deve essere iniziato e condotto con sufficiente manodopera e mezzi adeguati in modo da ultimare le operazioni secondo il programma presentato dall'Impresa e approvato dalla D.E.C.

La D.E.C., a suo insindacabile giudizio, può ordinare all'Impresa di eseguire le operazioni previste in qualsiasi tratto stradale interessato dal presente Capitolato e nelle quantità che ritiene necessarie, senza che l'Impresa stessa possa pretendere compensi od indennizzi di altra specie.

Per lo smaltimento dei materiali di risulta delle operazioni di profilatura si adottano le stesse indicazioni del precedente punto.

11 PRESCRIZIONI PARTICOLARI

11.1 SEGNALETICA DI SICUREZZA

Tutte le operazioni sono disciplinate dalle Leggi vigenti ed in particolare dal C.d.S., dal D.M. 10/07/2002 del M.I.T., dal Decreto Interministeriale 04/03/2013 e successive integrazioni e modificazioni e dalle procedure aziendali previste dal DVR.

La D.E.C. può impartire ulteriori prescrizioni in funzione delle condizioni del traffico e di condizioni al contorno.

11.2 MODALITA' PARTICOLARI E LIMITAZIONE DEI SERVIZI

Per particolari esigenze della viabilità, oltre che per motivi di sicurezza, sia dei prestatori d'opera che degli utenti, le prestazioni da eseguire possono essere oggetto di prescrizioni relative sia ai giorni che agli orari (notturni o diurni) di esecuzione e questo anche su semplice disposizione della Direzione dell'Esecuzione del Contratto senza che l'Impresa possa chiedere maggiori compensi rispetto a quelli previsti in contratto, salvo per eventuali lavori in economia richiesti per iscritto dalla D.E.C. in giornate od orari particolari.

Prima dell'inizio del servizio, che implichi la presenza di cantieri sulla carreggiata, è fatto obbligo al Responsabile di Cantiere dell'Impresa di comunicare alla Sala Operativa Compartimentale e al D.E.C. il tipo di servizio da eseguire nonché la posizione del cantiere (progressiva chilometrica) e l'eventuale limitazione della carreggiata da attuare (chiusura di una o più corsie); l'Impresa può installare il cantiere ed iniziare il servizio solo dopo averne ricevuto formale autorizzazione.

L'estensione complessiva dell'area di cantiere, laddove siano necessari restringimenti di carreggiata o deviazioni del traffico, non può essere superiore a Km. 2, salvo diversa disposizione della D.E.C.

In considerazione della lunghezza di alcuni tratti stradali nonché per situazioni logistiche particolari la D.E.C., per ridurre i tempi di esecuzione di alcune operazioni (per esempio sfalcio banchina e/o sfalcio totale), può richiedere il contemporaneo intervento di più cantieri che opereranno in zone diverse.

11.3 PULIZIA DEL PIANO VIABILE

Il piano viabile, al termine di ogni operazione d'impianto o di manutenzione, deve risultare assolutamente sgombro da rifiuti e da tutti i residui delle lavorazioni; la terra eventualmente presente deve essere asportata mediante spazzolatura e, ove occorra, con lavaggio a mezzo di abbondanti

getti d'acqua.

Qualora risultasse sporcata la segnaletica orizzontale, questa deve essere pulita accuratamente a mezzo lavaggio.

Il trasporto a rifiuto di questi materiali deve essere fatto in modo tempestivo e sollecito, onde evitare notevoli depositi nelle zone di impianto, con sgradevole effetto estetico e nello stesso tempo con pericolo di incendi e comunque non oltre 24 ore dall'ultimazione di ciascuna operazione.

Qualora, nelle aree oggetto di intervento, dovessero essere rinvenuti materiali ingombranti quali, a titolo esemplificativo, elettrodomestici, parti di veicoli incidentati, carogne di animali, il Responsabile del Cantiere deve tempestivamente comunicare al D.E.C., entro 12 ore dal rinvenimento, l'esatta ubicazione degli stessi, corredata di documentazione fotografica, al fine di consentire l'attivazione delle procedure previste dalle norme vigenti per il relativo smaltimento.

11.4 RIPRISTINO ED ALLINEAMENTO DELLA SEGNALETICA VERTICALE

Durante ogni intervento di manutenzione (pulizia, taglio, potatura) deve essere posta la massima attenzione alla conservazione di elementi stradali quali segnalimiti, cippi ettometrici, paracarri, barriere, segnali stradali, recinzioni ed altro, che devono essere immediatamente ripristinati dall'Impresa se danneggiati o rimossi.

Ogni danneggiamento alla segnaletica verticale e marginale e delle aree e pertinenze stradali da parte dell'esecutore del contratto, se non prontamente riparato o sostituito, è oggetto di esecuzione in danno e di detrazione dalle rate a saldo.

CAPO 2 (DA INSERIRE OVE NECESSARIO) (NUOVI IMPIANTI)

12 RIVESTIMENTI DELLE SCARPATE

Le scarpate in rilevato od in scavo ed in genere tutte le nuove aree destinate a verde, appena ultimata la loro sistemazione superficiale, devono essere rivestite con manto vegetale eventualmente eseguito mediante semina, rimboschimento o ricopertura con materiali idonei.

Eventuali erosioni, solcature, buche od altre imperfezioni devono essere riprese con terreno agrario, riprofilando le superfici secondo le pendenze di progetto; deve essere curata in modo particolare la conservazione ed eventualmente la sistemazione delle banchine.

Tutte le superfici devono presentarsi perfettamente regolari, eliminando anche eventuali tracce di pedonamento.

13 FORNITURA E SISTEMAZIONE DI TERRENO VEGETALE NELLE AIUOLE

Il terreno vegetale deve avere caratteristiche fisiche e chimiche atte a garantire un sicuro attecchimento e lo sviluppo di colture erbacee, arbustive od arboree.

Deve risultare di reazione neutra, sufficientemente dotato di sostanza organica e di elementi nutritivi, di medio impasto, privo di pietre, ciottoli, detriti, radici ed erbe infestanti.

Deve provenire da scotico di terreno a destinazione agraria fino alla profondità massima di un metro.

Qualora il prelievo venga fatto da terreni non coltivati, la profondità di prelevamento deve essere contenuta allo strato esplorato dalle radici delle specie erbacee presenti ed in ogni caso non deve superare il mezzo metro.

L'Impresa, prima di effettuare il prelevamento e la fornitura della terra, deve darne avviso alla D.E.C. affinché possano venire prelevati, in contraddittorio, i campioni da inviare ad una stazione di chimica agraria riconosciuta per le analisi di idoneità del materiale secondo i metodi ed i parametri normalizzati di analisi del suolo, pubblicati dalla Società Italiana della Scienza del Suolo - S.I.S.S.

Il terreno deve essere posto in opera in strati uniformi, ben sminuzzato, spianato e configurato in superficie secondo le indicazioni di progetto.

14 SEMINA DI MISCUGLI DIVERSI DI SPECIE ERBACEE

Su particolari settori di scarpate stradali, in rilevato o scavo, la Direzione dell'Esecuzione del Contratto, a suo insindacabile giudizio, può ordinare all'Impresa una semina di specie erbacee, in modo da ottenere un rivestimento con le caratteristiche del prato polifita stabile.

14.1 PREPARAZIONE DEL TERRENO

Dopo la regolarizzazione e l'eventuale riprofilatura, le scarpate in rilevato devono essere preparate per il rivestimento mediante una erpicatura poco profonda, eseguita con andamento climatico favorevole e con terreno in tempera (40-50% della capacità totale per l'acqua).

In questa fase l'Impresa deve avere cura di portare a compimento tutte quelle opere di regolazione idraulica prevista in progetto che rappresentano il presidio e la salvaguardia delle scarpate.

Sulle scarpate in scavo, oltre alla regolarizzazione delle superfici, devono eventualmente essere predisposte buche in caso di rimboschimento con semenzali o impianti di talee.

14.2 CONCIMAZIONI

L'Impresa, a sua cura e spese, deve effettuare le analisi chimiche dei terreni per poter definire la concimazione di fondo, che di norma è costituita da concimi minerali somministrati nei seguenti quantitativi:

- concimi fosfatici titolo medio 18%: 0,80 t/ha;
- concimi azotati titolo medio 16%: 0,40 t/ha;
- concimi potassici titolo medio 40%: 0,30 t/ha.

È facoltà della D.E.C., in relazione ai risultati delle analisi dei terreni e per esigenze particolari, variare

le proporzioni di cui sopra senza che l'Impresa possa chiedere alcun compenso. Qualora il terreno risultasse particolarmente povero di sostanza organica, parte dei concimi minerali può essere sostituita da terricciati o da letame ben maturo, da spandersi in modo uniforme sul terreno, previa rastrellatura e miscelazione del letame con la terra.

Ogni eventuale sostituzione deve essere autorizzata dalla D.E.C.

L'uso dei concimi, fisiologicamente alcalini o fisiologicamente acidi, è consentito in terreni a reazione anomala e ciò in relazione al pH risultante dalle analisi chimiche.

Oltre alla concimazione di fondo, l'Impresa deve effettuare anche le opportune concimazioni in copertura, impiegando concimi complessi e tenendo comunque presente che lo sviluppo della vegetazione deve avvenire in modo uniforme.

Le modalità delle concimazioni di copertura non vengono precisate, lasciandone l'iniziativa all'Impresa, la quale è anche interessata all'ottenimento della completa copertura del terreno nel più breve tempo possibile, al conseguente risparmio dei lavori di risarcimento, sarchiatura, ripresa di smottamenti ed erosioni che risulterebbero certamente più onerosi in presenza di non perfetta vegetazione e ad uno sviluppo uniforme e regolare degli impianti a verde.

I concimi, usati per le concimazioni di fondo e di copertura, devono essere forniti nelle confezioni originali di fabbrica, risultare a titolo ben definito e, nel caso di concimi complessi, a rapporto azoto-fosforo-potassio precisato.

Prima di effettuare le concimazioni di fondo, l'Impresa è tenuta a darne tempestivo avviso alla D.E.C. affinché questa possa disporre eventuali controlli.

Lo spandimento dei concimi deve essere effettuato esclusivamente a mano, con impiego di personale pratico e capace, per assicurare uniformità nella distribuzione.

14.3 SEMINE

Le superfici da rivestire mediante semina devono essere adeguatamente preparate come sopra indicato. La concimazione deve essere effettuata in due tempi: all'atto della semina devono essere somministrati i concimi fosfatici e potassici mentre, a germinazione avvenuta, devono essere somministrati i concimi azotati.

Si procede quindi alla semina di un miscuglio di erbe da prato perenni con l'impiego di 200 kg di seme per ettaro di superficie.

CAPO 3

(NORME DI MISURA, CONTABILITÀ E LIQUIDAZIONE)

15 CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA

15.1 PIANIFICAZIONE OPERATIVA DEGLI INTERVENTI

Il contratto ha una durata di anni / giorni

Entro dieci giorni dalla consegna e comunque prima dell'effettivo inizio delle prestazioni, l'Impresa deve presentare alla Direzione dell'Esecuzione del Contratto un programma esecutivo dettagliato, conforme all'offerta tecnica presentata in sede di gara, con la pianificazione degli interventi previsti nel tempo contrattuale da sottoporre ad approvazione della D.E.C. che si esprimerà nei cinque giorni successivi, apportandovi le modifiche e le integrazioni che riterrà opportune, riservandosi il diritto di modificarlo/aggiornarlo per tener conto del rispetto dei parametri di cui al successivo punto 18.

Detto programma deve specificare, come contenuti minimi, almeno:

- a) i periodi in cui viene eseguita ogni tipologia di intervento previsto, tenuto conto delle zone climatiche e dell'impatto sul traffico;
- b) le tipologie dei prodotti da utilizzare (terre, semine) suddivise nei tratti (S.S. e progr.ve Km.che) dove s'intende utilizzarli (se si prevede l'inserimento del Capitolo 2);
- c) Scadenze per la trasmissione del "rapporto periodico";
- d) l'ammontare presunto, parziale e progressivo dell'avanzamento dei servizi alle scadenze contrattualmente stabilite per la liquidazione dei certificati di pagamento;
- e) il numero minimo dei tagli d'erba completi previsti, conforme all'offerta tecnica presentata in sede di gara;
- f) i macchinari e le attrezzature che si intendono impiegare per ogni tipologia di intervento previsto ed il numero di squadre operative, conforme all'offerta tecnica presentata in sede di gara;
- g) insieme al programma l'Impresa deve consegnare un filmato su DVD o altro supporto digitale in duplice copia realizzato sull'intera rete affidata al fine di definire lo "stato di fatto" prima dell'inizio delle prestazioni.

15.2 COMPOSIZIONE MINIMA DELLE SQUADRE E DOTAZIONI

I servizi del presente appalto devono essere effettuati con uomini, mezzi ed attrezzature messi a disposizione dall'Appaltatore nella tipologia e nel numero indicati in sede di offerta in quantità, comunque, non inferiore a quanto specificato di seguito:

- N. ____ macchine operatrici idonee all'esecuzione dei servizi di sfalcio erba su pertinenze stradali e n. ____ macchine adibite alla raccolta (taglio, aspirazione e carico) del materiale di risulta;
- N. ____ cestello/i elevatore/i per potature;
- N. ____ soffioni;
- N. ____ serie complete di segnaletica di cantiere (mobile e/o fisso) nei modi e nei termini previsti dal Nuovo Codice della Strada e dalle Circolari Interministeriali;
- N. ____ veicoli per trasporto segnaletica e/o cose;

- N. ____ decespugliatori, utensili ed attrezzature minime di cantiere adeguati al servizio da eseguire.

Inoltre, l'Appaltatore deve disporre di minimo n. ____ squadre di personale che possono operare anche contemporaneamente, ognuna delle quali è composta da almeno:

- N. ____ operaio/i specializzato/i / capo/i squadra;
- N. ____ operai comuni;
- N. ____ mezzi e n. ____ uomini addetti alla segnaletica stradale.

Per le strade a doppia carreggiata, le squadre devono obbligatoriamente prevedere l'impiego di un mezzo di presegnalamento con attenuatore d'urto rispondente alle vigenti normative.

Alla consegna del servizio la D.E.C., procede alla verifica ed alla verbalizzazione della disponibilità delle risorse umane e strumentali offerte in sede di gara, compreso i mezzi e le attrezzature previste a noleggio per le quali è necessario verificare l'esatta corrispondenza delle caratteristiche tecnico/funzionali rispetto a quanto offerto. La D.E.C. può accettare mezzi equivalenti purché con caratteristiche tecniche non inferiori a quelli dichiarati in fase di gara e richiedere, qualora non lo fossero, la disponibilità di tali mezzi nel termine dei sette giorni successivi, previa formale e dettagliata richiesta all'Appaltatore.

Decorso tale termine, in caso di inadempienza, ANAS procederà alla risoluzione contrattuale.

Il nolo di tali mezzi deve rispettare quanto previsto dall'art. 84 del Codice della Strada.

15.3 COMUNICAZIONI DI SERVIZIO

Unitamente al programma l'Impresa deve consegnare un filmato su DVD o altro supporto digitale in duplice copia realizzato sull'intera rete affidata, con evidenza della data del rilievo, al fine di definire lo "stato di fatto" prima dell'inizio delle prestazioni.

L'Appaltatore deve intervenire su propria iniziativa ogni qualvolta lo ritenga utile o necessario per garantire il rispetto dei livelli di servizio e standard qualitativi richiesti nell'articolo 18, ed in ogni caso previsto dal programma presentato, sempre previa compilazione e trasmissione al D.E.C. di un "Preavviso di Intervento" predisposto dal medesimo D.E.C. e contenente almeno i seguenti dati:

- Data, orario di inizio e di fine prevista dell'intervento;
- Ubicazione dell'intervento (SS, progr. Km., lato carreggiata);
- Dati identificativi dei mezzi e nominativi del personale che interverrà;
- Eventuali motivi di criticità / urgenza dell'intervento;
- Azioni previste nel corso dell'intervento;
- Tipologia del cantiere (es. mobile o fisso, con chiusura corsia o restringimento carreggiata)

Detta comunicazione deve essere inviata al più 24 ore prima dell'inizio dell'intervento a mezzo mail/

posta elettronica alla SOC ed alla D.E.C.

L'Appaltatore deve altresì sottoscrivere ed inviare via mail, alle scadenze contrattualmente stabilite per la liquidazione dei certificati di pagamento ovvero a scadenze temporali più ravvicinate ove queste siano espressamente indicate nel "programma esecutivo" di cui sopra, un "rapporto periodico" sugli interventi effettuati secondo uno schema fornito dalla D.E.C., riportando, per ciascun intervento, i materiali utilizzati, le forniture, i mezzi ed il personale intervenuto, eventualmente integrando i dati già forniti nei "Preavvisi di Intervento" precedenti.

I "Preavvisi di Intervento" ed i "Rapporti Periodici" devono essere trasmessi ai recapiti ANAS seguenti (ovvero ai recapiti che possono essere indicati nel verbale di consegna o successivamente precisati con ordine di Servizio dalla D.E.C.):

MAIL SALA OPERATIVA COMPARTIMENTALE
MAIL UFFICIO R.U.P., D.E.C.
POSTA ELETTRONICA
POSTA ELETTRONICA CERTIFICATA

La mancata trasmissione del Preavviso di Intervento e/o del rapporto mensile / trimestrale nei termini e con le formalità sopra indicate comporta l'applicazione di una detrazione di euro 100 (cento) per ogni evento accertato dalla D.E.C.

Il perdurare della mancata comunicazione del "Preavviso di Intervento" per 3 giorni lavorativi comporta una ulteriore detrazione di 1/200 dell'importo annuale delle prestazioni a corpo.

L'intervento o la presenza in cantiere di mezzi o personale dell'Appaltatore diversi da quanto indicato nelle comunicazioni di servizio o differente per numero (in difetto) o tipologia da quanto offerto in sede di gara, se accertata formalmente in qualunque momento dal Direttore dell'Esecuzione del Contratto, dopo tre contestazioni è considerata grave inadempienza e motivo di risoluzione del contratto.

Costituisce, altresì, motivo di risoluzione del contratto ai sensi dell'art. 108 del D.Lgs. n. 50/2016 il mancato rispetto delle offerte migliorative formulate in fase di gara, riscontrate alla consegna o durante l'espletamento del servizio.

16 ONERI COMPRESI E COMPENSATI NEL CORRISPETTIVO

Qualora per l'esecuzione di particolari lavorazioni già programmate si rendesse necessario intervenire in orario notturno/festivo, per sopravvenute esigenze di sicurezza del traffico veicolare, su disposizione del D.E.C., i maggiori oneri e costi derivanti all'Appaltatore sono da intendersi compresi e compensati nello stesso prezzo a corpo.

Pertanto, nessuna maggiorazione è dovuta per tale onere che l'Appaltatore ha preventivamente

valutato tra le possibili circostanze operative. Le lavorazioni, eventualmente subordinate a particolari condizioni del traffico, saranno individuate dalla Direzione dell'Esecuzione del Contratto a proprio insindacabile giudizio.

Per i soli servizi a misura ordinati dal D.E.C. mediante appositi O.d.S., i servizi e le somministrazioni sono liquidati in base ai prezzi unitari allegati al presente Capitolato e, per quanto non presente, mediante la formulazione di Nuovi Prezzi sulla base dell'Elenco Prezzi ANAS in vigore.

Il corrispettivo si intende comprensivo di tutte le spese per mezzi d'opera, assicurazioni, forniture occorrenti, lavorazioni e materiali necessari, carburanti e lubrificanti nonché per le spese generali.

Riguardo alle forniture, si intendono comprese e compensate tutte le spese e gli oneri per darle a piè d'opera o nei magazzini ANAS, compreso ogni onere per imballaggio, carico, trasporto e scarico nonché ogni altra imposta per legge a carico dell'Appaltatore.

Tale corrispettivo comprende anche, a puro titolo esemplificativo:

- a) **per i materiali:** ogni spesa per la fornitura, trasporti, cali, perdite, sprechi, etc., nessuna eccettuata, per darli a piè d'opera in qualsiasi punto del servizio anche se fuori strada;
- b) **per gli operai e mezzi d'opera:** ogni spesa per fornire i medesimi di attrezzi ed utensili del mestiere nonché le quote per assicurazioni sociali e polizze;
- c) **per i noli:** ogni spesa per dare a piè d'opera i macchinari ed i mezzi d'opera pronti al loro uso;
- d) **per i lavori:** tutte le spese per i mezzi d'opera provvisori, nessuna esclusa, e quanto altro occorra per dare il lavoro compiuto a perfetta regola d'arte, intendendosi, nel corrispettivo stesso, compreso ogni compenso per gli oneri tutti che l'Appaltatore dovrà sostenere a tale scopo.

Il corrispettivo, ferme tutte le condizioni del Contratto e del presente Capitolato Speciale d'Appalto, s'intende integralmente accettato dall'Appaltatore in base a calcoli di sua convenienza, a tutto suo rischio, quindi invariabile durante tutto il periodo dei servizi e delle forniture, salve le varianti ammissibili e nei limiti contemplati dalle vigenti norme.

Oltre agli oneri del Capitolato Generale d'Appalto (D.M. 145/2000 per le parti ancora vigenti) ed agli altri specificati nel presente Capitolato Speciale – Norme Tecniche che risultano compresi e compensati nel corrispettivo di contratto, sono a carico dell'Appaltatore anche gli oneri seguenti:

1. le prestazioni degli operai e dei tecnici qualificati occorrenti per rilievi, tracciamenti e misurazioni relativi alle operazioni di consegna, verifica e contabilità dei servizi e delle riprese video;
2. tutte le spese, anche di certificazione, per le analisi chimiche dei terreni e della biomassa da smaltire ancorché non prescritte dal presente Capitolato Speciale d'Appalto ma ritenute necessarie dalla D.E.C. o dall'organo di collaudo, finalizzate a stabilire l'idoneità dei concimi sia di fondo che di copertura, dei fertilizzanti e dei miscugli di seme da spandere nonché le modalità di smaltimento della biomassa/rifiuto;
3. il prelievo di campioni dei materiali prescritto dalle Norme Tecniche, la conservazione degli

- stessi e la consegna presso i laboratori ufficiali indicati dalla D.E.C.;
4. la predisposizione tecnica dei siti, anche con la realizzazione delle opere provvisorie, ove occorrono, ed ogni altra forma di collaborazione mediante la messa a disposizione, a propria cura e spese, di mezzi, macchinari, personale e quanto altro occorra per il corretto svolgimento delle prove tecniche;
 5. le spese per la fornitura di fotografie delle attività e dei servizi in corso e nei vari periodi dell'appalto, in numero e dimensioni che saranno volta per volta fissati dalla Direzione dell'Esecuzione del Contratto;
 6. gli oneri per l'osservanza degli schemi segnaletici, differenziati per categoria di strada, da adottare per il segnalamento temporaneo secondo quanto previsto dal D.M. 10 Luglio 2002 e successive modifiche ed integrazioni e dalle procedure previste dal DVR, degli schemi segnaletici in avvicinamento ai cantieri di lavoro in lento movimento sulla "corsia di marcia lenta" per le strade a tre o quattro corsie prive della corsia d'emergenza, approvati dal Ministero dei Lavori Pubblici, Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale con lettera n° 409 del 24 Febbraio 1997 e degli schemi segnaletici in avvicinamento ai cantieri di lavoro per le strade a tre o quattro corsie dotate di piazzole di sosta e prive della corsia d'emergenza, approvati dal Ministero dei Lavori Pubblici, Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale con lettera n° 3.113 del 12 Luglio 1996 e al rispetto di tutte le norme contenute nel Codice della Strada.

17 LIVELLI DI SERVIZIO E STANDARD QUALITATIVI

L'Appaltatore deve assicurare, costantemente nell'arco dell'anno e uniformemente su tutte le pertinenze ANAS interessate, il conseguimento degli standard secondo quanto viene di seguito indicato.

Le superfici sfalciate e/o tosate devono risultare uniformi e l'altezza del manto erboso deve mantenersi conforme al progetto e comunque alle soglie così definite:

- altezza max. di cm 20 per tutte le banchine, isole di traffico, aree di svincolo;
- altezza max. di cm 20 per tutte le pertinenze stradali entro una fascia perimetrale indicata in progetto e comunque non inferiore a mt 1,00 misurata dal margine esterno della piattaforma stradale, individuato ai sensi del D.M. 5/11/2001;
- altezza max. di cm 20 sulle scarpate in trincea/rilevato entro una fascia perimetrale indicata in progetto.

Tali altezze non devono mai essere superate durante tutto l'arco temporale del contratto.

Il superamento delle misure indicate comporta l'obbligo di provvedere all'immediato ripristino da parte dell'Impresa esecutrice, indipendentemente dal programma lavori e rispettando le indicazioni di cui al punto 15.3.

Riguardo alla potatura di siepi e cespugli, questi devono essere mantenuti entro un'altezza max. di cm. 100 dal piano del terreno e comunque uniformemente al di sotto della quota dei cartelli segnaletici, se presenti, consentendone sempre la piena visibilità. Le siepi poste entro lo spartitraffico centrale non devono mai raggiungere un'altezza superiore a 30 cm rispetto a quella della barriera di sicurezza. L'ingombro trasversale delle stesse deve consentire la piena visibilità dei catadiottri e comunque non invadere mai la sede stradale; analogamente, per la potatura o spalcatura delle essenze arboree (di qualsiasi specie) presenti nelle aree a verde, deve essere sempre garantita la piena visibilità della segnaletica stradale.

Riguardo al taglio di ramaglie da cespugli e da piante arboree esistenti sulle scarpate stradali e che invadono il piano viabile, il ciglio o la banchina stradali, si deve procedere fino a rendere completamente libera la sagoma in proiezione verticale compresa fra i cigli esterni della piattaforma stradale, con salvaguardia dell'eventuale rinnovazione arborea, potatura o spalcatura.

L'Appaltatore, responsabile del conseguimento di tali risultati, è tenuto ad intraprendere autonomamente le azioni di controllo, le valutazioni e gli interventi circostanziati più adatti, previa espressa comunicazione alla D.E.C. tramite l'apposito "Preavviso di Attività".

18 MISURAZIONE DELLE PRESTAZIONI

La D.E.C. predispose e compila in contraddittorio con l'Appaltatore apposite "Schede di Verifica" dei servizi e delle attività svolte per le diverse "Aree significative" che presentino, a sua discrezione, caratteristiche omogenee della vegetazione, anche in relazione ad elementi significativi quali l'estensione, la morfologia o l'esposizione a specifici fattori climatici ed ambientali.

Le risultanze di dette schede costituiscono base di valutazione sulla corretta esecuzione delle attività dell'Appaltatore e di conseguenza degli adempimenti contrattuali.

Le misurazioni sono condotte su ogni singola "Area significativa" all'interno di ciascun Nucleo di appartenenza, per tutte le attività sotto specificate.

SFALCIO ERBA - sono effettuate almeno 5 misurazioni in altrettanti punti debitamente distanziati tra loro a scelta insindacabile del D.E.C.; viene così definita l'altezza media dell'erba nell'area riscontrata HmeAREA;

POTATURE SIEPI - sono effettuate almeno 5 misurazioni in altrettanti punti distanti tra loro e viene così definita l'altezza media delle siepi dell'area riscontrata HmsAREA;

POTATURE E TAGLIO DI ALBERI - sono valutate le potature ed i tagli degli alberi e viene così definita la percentuale media degli alberi potati nell'area riscontrata PaAREA rispetto a quelli previsti;

TAGLIO RAMAGLIE - per il taglio delle ramaglie viene valutata l'estensione lineare dei tratti su cui è stato effettuato, definendo così la percentuale di taglio eseguito PtAREA rispetto a quello previsto.

19 CONTABILITÀ E LIQUIDAZIONE LAVORAZIONI A CORPO

Il criterio di pagamento per le parti a corpo, avviene secondo la seguente tabella esemplificativa

rispetto al totale annuo:

Periodo	Pagamenti	Eventuali Condizioni
1° trimestre	%	
2° trimestre	%	
3° trimestre	%	
4° trimestre	%	

20 CONTABILITÀ E LIQUIDAZIONE LAVORAZIONI A MISURA

Per la sola parte a misura, le quantità dei servizi vengono valutate, al netto del ribasso offerto in fase di gara, con metodi geometrici, a numero o a peso, in relazione a quanto previsto nell'Elenco Prezzi ANAS di Contratto. Sempre nell'ambito delle lavorazioni a misura, piccoli interventi di impianti e/o manutenzione possono essere disposti dalla D.E.C. mediante appositi Ordini di Servizio ed essere liquidati in base ai prezzi unitari di Contratto o mediante la formulazione di Nuovi Prezzi sulla base dell'Elenco Prezzi ANAS in vigore.

Propedeuticamente alla liquidazione di ogni SAL, alle scadenze contrattualmente stabilite, l'Impresa deve presentare un filmato su DVD o altro formato digitale, datato, recente e rappresentativo dello stato effettivo delle opere in verde. Il D.E.C., debitamente preavvisato con almeno 7 giorni di anticipo, può chiedere di realizzare detto filmato in contraddittorio.

I servizi sono liquidati in base al "Preavviso di Intervento" ed al "Rapporto Periodico", ad elementi imprescindibili per le verifiche atte all'ammissione in contabilità ed alla liquidazione delle attività e dei servizi appaltati in conformità agli Ordini di Servizio della D.E.C. Non possono essere liquidati i servizi ordinati da terzi (es. Forze dell'Ordine, VV.FF. etc.) se non espressamente confermati dalla D.E.C.

È facoltà insindacabile della D.E.C., in caso di mancata accettazione, ordinare la ripetizione delle attività, i rifacimenti o i ripristini necessari, a cura e spese dell'Appaltatore, prima di ammettere in contabilità le lavorazioni contestate.

I servizi e le prestazioni a misura sono accettati, ad insindacabile giudizio della D.E.C., solo se conformi a quanto effettivamente richiesto e contabilizzato e pertanto vengono liquidati e pagati in base alle quantità effettivamente eseguite, al netto delle detrazioni previste nell'articolo relativo alle carenze o incongruenze nelle comunicazioni di servizio ("Preavviso di Intervento" e "Rapporto Periodico") ed all'articolo relativo ad "anomalie o disallineamenti".

Qualora, inoltre, si evidenziassero situazioni ritenute non conformi alle prescrizioni contrattuali o normative, il Direttore dell'Esecuzione del Contratto valuterà l'accettabilità delle opere riferendosi a quanto eventualmente previsto nel Sistema di Qualità Compartimentale.

21 ANOMALIE E DISALLINEAMENTI

Sono considerate anomalie e quindi disallineamenti dal livello di servizio standard richiesto le seguenti situazioni che dovessero riscontrarsi:

- SFALCIO ERBA - HmeAREA > 25 cm;
HmeAREA > 35 cm (relitti al di fuori della fascia perimetrale di 15,00 mt);
- POTATURE SIEPI - HmsAREA > 110 cm;
- POTATURE ALBERI - PaAREA < 90%;
- TAGLIO RAMAGLIE - PtAREA < 90%.

Le prestazioni dell'Appaltatore sono ritenute idonee quando risultano sempre conseguiti gli "standard qualitativi" rappresentati dalle soglie di anomalia sopra indicate.

Ove risulti che gli standard qualitativi siano stati disattesi, la Direzione dell'Esecuzione del Contratto, con Ordine di Servizio scritto (che può riguardare anche la pulizia del piano viabile e dei segnalimiti) impartito all'Appaltatore, dispone che l'Appaltatore stesso intervenga con immediatezza e comunque entro 48 ore, salve causa di forza maggiore che saranno valutate dalla stessa.

Decorso tale termine, la Direzione dell'Esecuzione del Contratto provvede, previa ulteriore verifica, a confermare o meno sulla scheda i disallineamenti precedentemente accertati.

Qualora venga confermato il "non allineamento" dei livelli di servizio, la stessa provvede alla conferma del disallineamento ed all'applicazione delle detrazioni di seguito indicate.

Qualora nel corso di un "periodo" contrattualmente prestabilito per la liquidazione dei certificati di pagamento siano stati rilevati, nelle Schede di Verifica di ogni Area e per le varie categorie dei servizi previste in contratto, dei disallineamenti qualitativi formalmente contestati dalla D.E.C., vengono dedotte dall'importo complessivo del canone trimestrale le seguenti aliquote:

N° disallineamenti accertati nel periodo	% di detrazione dall'importo contabilizzato in acconto nel periodo
$0 < N^{\circ}d \leq 3$	2 %
$3 < N^{\circ}d \leq 5$	5 %
$5 < N^{\circ}d \leq 10$	10 %
$N^{\circ}d > 10$	Rescissione immediata ed esecuzione in danno

In caso di mancata presenza in cantiere dei mezzi aspiranti viene applicata una penalità di Euro 100,00 (diconsi cento/00) per ogni giorno di assenza e per ogni veicolo aspirante.

In caso di mancata aspirazione e rimozione del materiale di risulta derivante dalle attività di sfalcio erba e/o potatura, viene applicata una penalità di Euro 500,00/Km (diconsi cinquecento/00) per ogni lato di strada oggetto di contestazione.

In caso di mancato ripristino della segnaletica marginale e verticale nonché delle barriere di sicurezza danneggiate a seguito dei servizi espletati viene applicata una penalità pari ai costi di ripristino.

In caso di mancata consegna del filmato su DVD o altro supporto digitale realizzato sull'intera rete affidata al fine di definire lo "stato di fatto" prima dell'inizio delle prestazioni e propedeuticamente alla liquidazione di ogni SAL, alle scadenze contrattualmente stabilite, di cui ai paragrafi 15.3 e 17, viene applicata una penalità di Euro 500,00 (diconsi cinquecento/00).

Le suddette penalità sono cumulabili.

L'applicazione delle detrazioni non esclude il diritto di rivalsa verso l'Appaltatore da parte di ANAS S.p.A. per i danni causati a seguito delle inadempienze cui le penali stesse si riferiscono.

22 RIEPILOGO PENALI

Qualora si verificano inadempienze nell'esecuzione delle prestazioni contrattuali, a tutela delle norme contenute nel presente capitolato, vengono applicate le seguenti penali:

INFRAZIONE	VALORE
Per la mancata presenza in cantiere dei mezzi aspiranti per ogni giorno di assenza e per ogni veicolo aspirante	100,00 €
Per la mancata aspirazione e rimozione del materiale di risulta derivante dalle attività di sfalcio erba e/o potatura, per ogni lato di strada oggetto di contestazione per ogni chilometro	500,00 €
Per il mancato ripristino della segnaletica marginale e verticale nonché delle barriere di sicurezza danneggiate a seguito dei servizi espletati	costi di ripristino
Per la mancata trasmissione del Preavviso di Intervento e/o del rapporto mensile / trimestrale nei termini e con le formalità sopra al paragrafo 15.3, per ogni evento accertato dalla D.E.C.	100,00 €
Per il perdurare della mancata comunicazione di cui all'infrazione precedente (par. 15.3) del Preavviso di Intervento per 3 giorni lavorativi	1/200 importo annuale prestazione a corpo
Per la mancata consegna del filmato su DVD o altro supporto digitale realizzato sull'intera rete affidata al fine di definire lo "stato di fatto" prima dell'inizio delle prestazioni e propedeuticamente alla liquidazione di ogni SAL, alle scadenze contrattualmente stabilite, di cui ai paragrafi 15.3 e 17	500,00 €



Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

IT.MO.05.53 - Rev. 1.0

**Manutenzione ordinaria
degli Impianti Tecnologici**

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.MO.05.53 - Rev.1.0
Manutenzione ordinaria degli Impianti Tecnologici

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Operation e Coordinamento Territoriale	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



SOMMARIO

1.	DESCRIZIONE E SCOPO DELL'OPERA.....	5
1.1	Oggetto dell'appalto.....	5
1.2	Designazione delle opere d'appalto.....	5
1.3	Descrizione analitica delle opere e forniture di manutenzione.....	7
1.4	Requisiti minimi di servizio (Creazione del Sistema Informatico di archivio e gestione).....	8
1.5	Conoscenza delle condizioni di appalto.....	15
1.6	Osservanza di leggi e norme.....	15
1.7	Programma e svolgimento lavori.....	17
1.8	Servizio di Reperibilità e Pronto intervento.....	18
1.9.1	Manutenzione Preventiva.....	18
1.9.2	Manutenzione Correttiva.....	18
1.9.3	Manutenzione straordinaria.....	18
1.10	Prescrizioni generali dei lavori di manutenzione ordinaria degli impianti elettrici.....	20
1.10.1	Canone di Manutenzione.....	21
2.	MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI.....	24
2.1	Classificazione delle tipologie di manutenzione.....	24
2.2	Registro della Manutenzione.....	24
3.	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	26
3.1	Terminologia e definizioni.....	27
4.	ATTIVITÀ DI MANUTENZIONE PER TIPOLOGIA DI IMPIANTO.....	28
4.1	Cabina elettrica.....	28
4.2	Impianto idrico antincendio.....	31
4.3	Impianto di ventilazione e monitoraggio dei parametri ambientali.....	37
4.4	Impianto di illuminazione.....	40
4.5	Segnaletica luminosa.....	42
4.6	Pannelli messaggio variabile (PMV).....	43
4.7	Semafori43	
4.8	Sistema SOS.....	44



4.9	Impianto radar traffico	45
4.10	Impianto radio.....	45
4.11	Impianto TVCC.....	45
4.12	Impianto rilevamento incendio	46
4.13	Sistema di supervisione ed automazione.....	46
4.14	Gruppi elettrogeni.....	47
4.15	Trasformatori.....	48
4.16	Distribuzione elettrica.....	50
4.17	Impianti fotovoltaici	54
4.18	Impianti antintrusione, evacuazione e rivelazione incendi	55
4.19	Impianti nei bypass pedonali, carrabili e nei cunicoli e percorsi di emergenza.....	57
4.20	Impianti di trasmissione dati in fibra ottica.....	58
4.21	Impianti pompaggio per sollevamento acqua (anti-allagamento).....	60
4.22	Impianto a diluvio con schiumogeno.....	61
4.23	Impianto di spegnimento automatico robotizzato.....	62
4.22	Modulo by.pass prefabbricato	63
	ALLEGATI - SCHEDE PIANO DI MANUTENZIONE.....	64
5.	GENERALITÀ	65



1. Descrizione e scopo dell'Opera

1.1 Oggetto dell'appalto

Il presente capitolato disciplina l'appalto avente per oggetto l'esecuzione dei servizi, delle forniture e dei lavori occorrenti per la manutenzione *ordinaria* delle apparecchiature elettromeccaniche e più in generale degli impianti tecnologici presenti nelle tratte stradali.

Il documento descrive le principali attività manutentive, al fine di mantenere gli impianti in condizioni idonee, di preservare la corretta funzionalità degli stessi e si propone l'intento di fornire una articolata e approfondita documentazione riguardante le tecniche manutentive che il fornitore del servizio dovrà adottare.

1.2 Designazione delle opere d'appalto

Sono oggetto del presente capitolato:

gli impianti in galleria che consistono essenzialmente in:

- ✓ impianto idrico antincendio;
- ✓ impianto di ventilazione e monitoraggio dei parametri ambientali;
- ✓ impianto di illuminazione permanente, di sicurezza e di rinforzo;
- ✓ segnaletica luminosa;
- ✓ pannelli messaggio variabile (PMV);
- ✓ semafori;
- ✓ sistema SOS;
- ✓ rilevazione traffico;
- ✓ impianto radio;
- ✓ impianto TVCC;
- ✓ impianto rilevazione incendio;
- ✓ impianti di sicurezza nei by pass;
- ✓ impianti di sicurezza nelle scale/cunicoli di emergenza;
- ✓ sistema di supervisione ed automazione di galleria;
- ✓ impianti elettrici di alimentazione;
- ✓ cabine elettriche;
- ✓ gruppi elettrogeni;
- ✓ trasformatori;
- ✓ quadri elettrici;
- ✓ gruppi di continuità (UPS);
- ✓ distribuzione elettrica primaria ;
- ✓ distribuzione elettrica secondaria;
- ✓ servizi ausiliari;
- ✓ impianto antintrusione, evacuazione, rilevazione incendi.
- ✓ impianto sollevamento acqua anti-allagamento



- ✓ impianti di trasmissione dati/fonia in fibre ottiche

gli impianti nelle tratte all'aperto che consistono essenzialmente in:

- ✓ illuminazione;
- ✓ pannelli messaggio variabile (PMV);
- ✓ sistema SOS;
- ✓ segnaletica luminosa e semafori;
- ✓ impianto TVCC;
- ✓ quadri elettrici;
- ✓ cabine elettriche;
- ✓ sistema di supervisione;
- ✓ rilevazione traffico;
- ✓ centraline meteo;
- ✓ distribuzione elettrica primaria ;
- ✓ distribuzione elettrica secondaria;
- ✓ impianto fotovoltaico;
- ✓ impianto sollevamento acqua anti-allagamento
- ✓ impianti di trasmissione dati/fonia in fibre ottiche



1.3 Descrizione analitica delle opere e forniture di manutenzione

La manutenzione ordinaria consiste in cinque fondamentali operazioni:

A) RICOGNIZIONE PRELIMINARE

L'impresa dovrà effettuare preventivamente un sopralluogo nei siti e sui sistemi oggetto della manutenzione, con modalità e tempistiche concordate con l'Appaltante. Nello specifico l'impresa dovrà effettuare la verifica dello stato di fatto dei sistemi in relazione a tutti gli impianti, allo stato di usura e deterioramento dei materiali e alla loro corretta funzionalità. L'impresa dovrà inoltre raccogliere informazioni relative alla consistenza in termini di numero di apparecchiature e componenti installati per fornire un quadro complessivo chiaro del manufatto.

B) MANUTENZIONE PREVENTIVA

L'impresa dovrà effettuare tutte le verifiche ed i controlli periodici previsti nelle schede di manutenzione allegata con la cadenza ivi indicata .

C) MANUTENZIONE CORRETTIVA

L'impresa dovrà effettuare (previo programma lavori preventivamente accettato dalla Direzione Lavori) la riparazione/sostituzione dei componenti ammalorati, obsoleti o danneggiati riscontrati durante la ricognizione preliminare.

D) REPERIBILITA' + PRONTO INTERVENTO

L'impresa dovrà garantire il servizio di reperibilità e pronto intervento attivabile dalla SOC compartimentale, dalla SON nazionale, dal Direttore Lavori etc secondo le modalità più avanti descritte. L'intervento di emergenza durerà fino alla "messa in sicurezza" dell'anomalia segnalata

E) MANUTENZIONE STRAORDINARIA

L'impresa dovrà effettuare i lavori di manutenzione straordinaria necessari per ripristinare la normale funzionalità degli impianti "messi in sicurezza" con il pronto intervento oppure per realizzare impianti di piccola entità ex-novo. Gli interventi di manutenzione straordinaria devono essere prima ordinati mediante specifico Ordine di Servizio da parte della Direzione Lavori.



1.4 Requisiti minimi di servizio (Creazione del Sistema Informatico di archivio e gestione)

Al fine della corretta gestione del processo manutentivo l'impresa appaltatrice dovrà eseguire i lavori garantendo nel contempo la corretta e chiara gestione della documentazione secondo standard che garantiscano la qualità e la tracciabilità del processo.

L'impresa dovrà definire e aggiornare il piano di manutenzione e dovrà creare delle modalità di raccolta dati attraverso dei formati chiari, leggibili e intuitivi che consentano facilmente in ogni momento di reperire i dati chiave in relazione a:

- a) consistenza degli impianti;
- b) gestione dell'anagrafica Garanzie/Fornitori;
- c) gestione degli AS-BUILT;
- d) gestione dei flussi documentali;
- e) gestione del processo manutentivo attraverso un software dedicato.

L'attività prevista nel presente articolo è compresa nel canone manutentivo

1.4.1 Procedura per l'esecuzione di un intervento manutentivo

Dovranno essere fornite prove fotografiche per documentare l'avvenuto intervento sul componente/macchinario interessato dal guasto.

Tutti gli eventuali problemi sorti durante la fase di esecuzione dell'intervento dovranno essere tempestivamente segnalati al responsabile dell'Appaltante per via telefonica, e attraverso supporto informatico per tenere traccia della comunicazione avvenuta e completata da una relazione tecnica opportunamente inserita nel sistema informatico.

Nello specifico, la raccolta, il trattamento e l'archiviazione di tutti i dati legati al processo manutentivo deve essere effettuata col supporto di moduli che interagiscono tra di loro.

Per questo motivo l'appaltatore dovrà anche utilizzare un Document Management System denominato PDM ANAS, per l'archiviazione dei documenti sia di quelli relativi all'anagrafica delle apparecchiature sia per quanto riguarda gli AS-BUILT.

Nel predisporre gli strumenti di raccolta e articolazione delle informazioni da acquisire, l'impresa appaltatrice dovrà considerare:

- ✓ il livello delle informazioni prodotte, ovvero trasmesse ed acquisite nelle fasi precedenti il processo costruttivo e gestionale - manutentivo;
- ✓ la trasmissibilità delle informazioni manutentive tra tutti gli operatori del processo;



- ✓ gli obblighi di legge.

Ai fini manutentivi, il sistema di classificazione e di codifica dovrà seguire un preciso processo di qualità in modo da permettere di identificare in maniera chiara e univoca:

- ✓ le principali peculiarità del manufatto e le sue parti;
- ✓ le unità tecnologiche e i singoli elementi tecnici (sistema tecnologico);
- ✓ le tipologie di attività (servizi) gestionali e manutentivi;
- ✓ le specializzazioni delle imprese e degli operatori che eseguono le attività.

L'attività prevista nel presente e nei successivi articolo è compresa nel canone manutentivo

1.4.2 Fase di start-up

Nella fase di start-up si dovranno raccogliere inizialmente i nominativi delle ditte che sono intervenute nella costruzione e quelli delle ditte fornitrici dei materiali ed attrezzature che compongono l'oggetto della manutenzione.

Dovranno essere raccolte e archiviate tutte le certificazioni, le garanzie e le coperture assicurative disponibili, relative all'intero sistema impiantistico nel suo complesso o a classi di elementi del sistema tecnologico.

Nella stessa fase di transizione iniziale dovranno essere verificati e aggiornati tutti gli elaborati grafici di AS-BUILT per assicurare di disporre all'inizio delle attività offerte, di un archivio grafico aggiornato e che rispecchi il reale stato di fatto di ciò che è oggetto di incarico.

L'impresa appaltatrice si farà carico di adempiere a quanto sopra indicato in un tempo massimo di 3 (tre) mesi a partire dall'assegnazione dell'incarico.

1.4.3 Conduzione e gestione impianti

La fase di conduzione e gestione si articolerà in tutta una serie di attività volte a rendere più efficiente la manutenzione. Nello specifico per la corretta gestione dovranno essere prodotte tutta una serie di raccolte dati e schede per il recording dell'informazione relativa a:

- ✓ caratteristiche impiantistico - tecnologiche;
- ✓ fascicolazione;
- ✓ schede tecniche;
- ✓ specifiche di prestazione;
- ✓ schede di monitoraggio diagnostico.

Questi strumenti devono essere finalizzati alla gestione dei sistemi installati fino alla specificità del singolo apparecchio e del componente. Accanto a questi ultimi saranno affiancati i piani di



manutenzione che di volta in volta verranno implementati con l'integrazione di informazioni e supportati dal sistema di gestione della manutenzione.

1.4.3.1 Caratteristiche impiantistico - tecnologiche

L'individuazione delle caratteristiche tecnologiche delle singole dotazioni impiantistiche avverrà considerando:

- ✓ i dati tecnici di progetto;
- ✓ la tipologia di impianto (descrizione tecnica degli impianti);
- ✓ il tipo, le caratteristiche ed il numero delle apparecchiature costitutive degli impianti;
- ✓ le potenzialità specifiche dei singoli impianti e loro parti.

1.4.3.2 Fascicolazione

A seguito della raccolta della documentazione tecnico-amministrativa, identificativa e grafica dell'oggetto della manutenzione, sarà predisposto un fascicolo, nel quale dovranno essere inseriti tutti i documenti esistenti e/o disponibili. Sulla documentazione raccolta sarà eseguito un esame dei contenuti e dei dati. Tale esame è finalizzato a rilevare eventuali mancanze di documenti e/o disegni, ad evidenziare le incongruenze tra i dati, nonché a delineare le procedure da attivare per l'attività di sopralluogo.

L'attività prevista nel presente articolo è compresa nel canone manutentivo

1.4.3.3 Scheda tecnica

La scheda tecnica illustrerà le caratteristiche essenziali delle parti costitutive degli impianti, il loro funzionamento, le condizioni di installazione, le operazioni manutentive semplici e i dispositivi di protezione adottati.

Deve essere prevista una articolazione in schede per ciascuna unità tecnologica ed elemento tecnico rilevante ai fini manutentivi, contenente informazioni relative a:

- ✓ identificazione fisica, tecnica e commerciale (dati sulla provenienza, se conosciuti);
- ✓ materiali costituenti e modalità di assemblaggio/disassemblaggio dell'unità o delle sue parti;
- ✓ rappresentazione e descrizione delle modalità di funzionamento;
- ✓ connessioni tra le unità adiacenti;
- ✓ prestazioni attinenti la manutenzione, ovvero relative ai requisiti di affidabilità e manutenibilità, durata prevista nel ciclo di vita utile, con o senza manutenzione periodica;
- ✓ ispezionabilità, ossia modalità di accesso all'elemento e dispositivi atti a favorirla;



- ✓ indicazioni relative ad eventuali emissioni di sostanze tossico-nocive derivanti da anomalie o guasti che possono prodursi durante e alla fine del ciclo di vita dell'unità tecnologica e dell'elemento tecnico.

1.4.3.4 Specifiche di prestazione

La scheda delle specifiche tecniche di prestazioni ha come obiettivo l'identificazione e la descrizione del *che cosa si vuole* nel tempo in fatto di qualità tecnologica.

I manuali di manutenzione relativi a prodotti complessi evidenzieranno con una precisa formalizzazione le esigenze attese dell'utenza, al fine di trasporle in una serie di caratteri che le connotano (requisiti) a cui sono attribuibili termini quantitativi (prestazioni) e relative istruzioni operative (specifiche di prestazione) da soddisfare.

Per rilevare la domanda di prestazioni implicita dell'utenza e della committenza sarà opportuno far ricorso a indagini finalizzate, ad esempio questionari tipo, di pre- e post- utilizzazione.

Dovrà essere posta particolare attenzione al rendimento prestazionale del bene da un punto di vista tecnologico, indicando:

- ✓ le classi di requisiti tecnologici per ciascun subsistema tecnologico e/o elemento tecnico nel ciclo di vita;
- ✓ le specifiche di prestazioni tecnologiche di ciascun subsistema tecnologico e/o elemento tecnico nel ciclo di vita.

Per individuare e valutare il rendimento prestazionale dei subsistemi tecnologici o delle loro parti, durante il ciclo di vita utile dell'organismo edilizio, si dovrà:

- ✓ definire antecedentemente, in applicazione della politica gestionale - manutentiva e dei dettati di legge, i requisiti e le relative specifiche di prestazione, tecnologiche ed ambientali, da rispettare tassativamente;
- ✓ definire le specifiche di prestazione dei requisiti attinenti la manutenzione, ovvero requisiti di affidabilità, durabilità, manutenibilità, adattabilità alle variazioni d'uso durata prevista nel ciclo di vita

1.4.3.5 Scheda di monitoraggio diagnostico

L'impresa appaltatrice dovrà produrre le schede di monitoraggio diagnostico mediante le quali individuerà e descriverà puntualmente, (per ogni unità tecnologica ed elemento tecnico), le informazioni necessarie per effettuare la diagnosi dello stato di degrado fisico e/o funzionale degli impianti, oltre a fornire i criteri di valutazione dell'entità del degrado, nonché lo scostamento dalle prestazioni richieste. La scheda di monitoraggio diagnostico indicherà:



- ✓ *cosa controllare*: le parti (elemento tecnico e sua localizzazione) che possono essere soggette al degrado fisico e/o funzionale;
- ✓ *come controllare*: i metodi normalizzati e gli strumenti da adottare per la diagnosi generale e l'eventuale diagnosi approfondita (strumentazioni e metodi di prova da adottare);
- ✓ *che cosa si può riscontrare*: i segni più frequenti di anomalia e di difetto, (che possono anticipare l'insorgenza del guasto), i sintomi degli stati di alterazione o di degradazione, le più frequenti modalità di guasto, le eventuali modalità di propagazione di guasti;
- ✓ *come valutare*: i criteri guida per l'interpretazione dei segni riscontrati, per la valutazione dell'entità del guasto o del degrado, per l'individuazione delle cause;
- ✓ *quando o come ricontrollare*: le scadenze da prevedere e le metodiche da adottare per le successive ispezioni periodiche (frequenza delle ispezioni periodiche).

Le informazioni contenute nelle schede dovranno consentire di costruire, attraverso la raccolta delle "informazioni di ritorno", le statistiche ragionate degli interventi ispettivi, finalizzate ad individuare:

- ✓ il comportamento degli elementi tecnici sottoposti ad invecchiamento naturale;
- ✓ i fattori esterni ed interni che influenzano l'insorgere di patologie e le cadute prestazionali.

Per la manutenzione predittiva e programmata a scadenza fissa si raccoglieranno i dati relativi a:

- ✓ l'eventuale isolamento dell'elemento oggetto dell'intervento;
- ✓ le modalità di esecuzione degli interventi predittivi e/o programmati;
- ✓ le risorse necessarie per poterli realizzare (attrezzature, materiali da utilizzare, manodopera, tempi), ovvero le competenze richieste e i costi preventivati per lo svolgimento dell'intervento;
- ✓ i pericoli che eventualmente possono presentarsi nel corso dei lavori di manutenzione, nonché i *dispositivi e/o i provvedimenti programmati per prevenire tali rischi*;
- ✓ gli eventuali disturbi all'utenza o a terzi causabili dall'intervento;
- ✓ l'eventuale indisponibilità di altre unità tecnologiche o parti del manufatto nel corso dell'intervento;
- ✓ come limitare il danneggiamento del prodotto durante l'esecuzione degli interventi;
- ✓ gli eventuali test di funzionamento;
- ✓ la rimessa in esercizio.

1.4.4 Document management

L'impresa dovrà usare un sistema di gestione documentale denominata PDM ANAS (sistema proprietario) per eseguire operazioni massive sui documenti, catalogandoli attraverso un opportuno protocollo di qualità definito dall'Appaltante che consente di reperire le informazioni in maniera facile e accessibile, con una notevole riduzione dei tempi rispetto a un approccio basato unicamente su schede tecniche che potrebbe comportare anche ulteriori problematiche sia di smarrimento che deterioramento della documentazione stessa.



In particolare il PDM consente all'impresa di effettuare le seguenti operazioni:

- ✓ creare Schede Anagrafiche dei documenti oggetto di consegna;
- ✓ effettuare l'upload dei file nelle schede anagrafiche;
- ✓ creare ed emettere la ricevuta elettronica di consegna da firmare e inviare ad ANAS;
- ✓ correggere gli eventuali documenti da modificare;
- ✓ ricevere le stampe dei documenti verificati/istruiti;
- ✓ controllare la correttezza delle stampe.

Per maggiori dettagli relativi alle procedure che l'appaltatore dovrà seguire nell'utilizzo del sistema si faccia riferimento al documento "Capitolato d'Oneri - Prescrizioni per la consegna dei documenti tramite il "Sistema PDM" di Anas.

1.4.5 Gestione dell'anagrafica tecnica e degli AS-BUILT

Al processo di gestione della documentazione dovrà essere dato massimo risalto per soddisfare ai requisiti qualitativi che le esigenze delle attività di manutenzione impongono. Nello specifico ogni qualvolta saranno effettuate delle modifiche agli impianti, sia di tipo funzionale che strutturale, come ad esempio nel layout delle apparecchiature in campo, cambiamento di passaggi di tubazioni, nuove disposizioni dei corpi illuminanti, ecc., l'impresa appaltatrice provvederà ad aggiornare la documentazione grafica e a reinserirla in tempi ridotti all'interno del sistema di gestione della documentazione (PDM ANAS).

In questo modo sarà possibile tenere traccia dei mutamenti di ciascun impianto durante il naturale ciclo di vita ed avere un riferimento sempre aggiornato della situazione impiantistica dello stabile. E' inoltre considerato imprescindibile l'accompagnamento da parte dell'appaltatrice nei confronti dell'appaltante nel delicato passaggio nella fase di start-up appena successiva all'assegnazione delle attività di servizio di manutenzione e la fase successiva alla conclusione del servizio stesso.

1.4.6 Sistema di Gestione della Manutenzione

ANAS richiederà all'Impresa un sistema con il quale la stessa dovrà garantire la gestione del processo attraverso un sistema informativo che consenta di:

- ✓ facilitare il trattamento dei dati;
- ✓ analizzare le procedure cicliche ad elevata frequenza;
- ✓ migliorare le caratteristiche di tempestività, completezza e affidabilità.

La struttura di questo CMMS (Sistema Computerizzato di Gestione della Manutenzione) dovrà essere articolata come segue:

- a) base dati;



- b) gestione magazzino;
- c) gestione dell'intervento;
- d) ordini di acquisto.

a) La Base dati contiene le informazioni legate agli impianti. Fondamentalmente il sistema potrà permettere di recuperare le informazioni importando archivi macchine e componenti. La caratteristica essenziale del software sarà quella di interfacciarsi con il sistema di gestione della documentazione, in modo tale da consentire il reperimento di informazioni che devono essere collegate tra loro ottenendo in questo modo il massimo risultato dall'approccio modulare.

b) Gestione magazzino. Di notevole importanza è ovviamente la gestione dei ricambi.

Il software sarà in grado di gestire il magazzino e la registrazione del materiale in input ed output.

Sarà possibile per tanto effettuare record di dati significativi come:

- ✓ codice ricambi
- ✓ data di immagazzinamento
- ✓ disponibilità.

A tal proposito, per implementare la capacità di controllo e la conseguente ottimizzazione della pianificazione delle scorte di magazzino, dovranno essere predisposte delle tabelle cui sono elencate le apparecchiature e i componenti installati con tutti i dati ad essi connessi in termini di quantità e quant'altro possa ritenersi rilevante alle finalità prestabilite.

c) Gestione dell'intervento. Il software dovrà consentire la gestione degli interventi in termini di:

- ✓ attrezzature necessarie all'intervento;
- ✓ descrizione del lavoro richiesto;
- ✓ tipologia di lavoro:
 - ✓ Manutenzione preventiva con conseguente intervento segnalato dal sistema.
 - ✓ Manutenzione ripartiva nel quale la richiesta di intervento viene lanciata dal supervisore in loco.
- ✓ le logiche del processo di intervento.

d) Ordini di acquisto. In riferimento agli ordini di acquisto il sistema dovrà tenere traccia di una serie di attributi rilevanti:

- ✓ numero e codice associato alla richiesta di intervento;
- ✓ richiedente;
- ✓ data emissione;
- ✓ data di conclusione.

Inoltre dovrà garantire la determinazione del fabbisogno di risorse e i costi del sistema di manutenzione.



Il sistema di gestione della manutenzione adottato dall'impresa appaltatrice dovrà consentire di organizzare la grande quantità di dati e di flussi di informazione tra i diversi attori che partecipano al processo. Per questo motivo il sistema rispetterà i requisiti che di seguito riportati:

- ✓ supportare la manutenzione programmata e quella straordinaria se eventualmente richiesta;
- ✓ gestire la programmazione della manutenzione;
- ✓ essere modulare.

1.4.7 Consistenza delle apparecchiature

Dovranno essere predisposti degli elenchi aggiornati relativi allo stato effettivo di ciascun apparato, indicando tutte le informazioni di interesse. L'obiettivo è mantenere sotto controllo tutte le apparecchiature installate e la gestione delle stesse in piena efficienza. Inoltre la registrazione dello stato di fatto con periodicità ben definita consente di monitorare ad ogni istante la consistenza degli impianti principali più soggetti alle attività di manutenzione. Queste soluzioni possono essere adottate per tutti i sistemi installati. Di seguito, come linee guida si indicano le informazioni minime che devono essere riportate per ciascun impianto. A titolo di esempio si elencano le info richieste per le lampade:

- ✓ Ubicazione: indicazione della posizione in cui sono state installate.
- ✓ Marca: Indicazione del nome del costruttore.
- ✓ Modello: Nome / codice identificativo.
- ✓ Potenza: Indicazione della potenza della lampada espressa in W.
- ✓ Quantità: Indicazione del numero dei corpi illuminanti installati e del numero delle lampade installate.
- ✓ Tipologia: Indicazione del tipo di apparecchiatura installata (ad es. SAP, LED,...)

1.5 Conoscenza delle condizioni di appalto

L'assunzione dell'appalto di cui al presente Capitolato implica da parte dell'Appaltatore la conoscenza perfetta non solo di tutte le norme generali e particolari che lo regolano e che formano parte necessaria all'applicazione di questo documento, ma altresì di tutte le condizioni locali che si riferiscono ai lavori ed alle somministrazioni, quali la possibilità di poter utilizzare materiali locali in rapporto ai requisiti richiesti, l'esistenza di adatte discariche per i materiali di scarto ed in generale di tutte le circostanze generali e speciali che possano aver influito sul giudizio dell'Appaltatore circa la convenienza di assumere l'opera, anche in relazione al ribasso da lui offerto sui prezzi stabiliti dall'Appaltante.

1.6 Osservanza di leggi e norme



L'appalto è regolato, oltre che dalle norme del presente Capitolato Norme Tecniche principalmente dal Capitolato Norme Generali a cui fare riferimento per gli aspetti legali ed amministrativi ed per l'applicazione contrattuale.

L'impresa, ad integrazione di quanto prescritto nel Capitolato Norme Generali si intende inoltre obbligata all'osservanza:

- a) della normativa vigente relativa alla sicurezza degli impianti elettrici di illuminazione pubblica ed in particolare da quanto previsto dalla Legge 1 marzo 1968 n. 186 e sue successive modifiche ed integrazioni;
- b) del DM 37/08;
- c) del DPR 151/11 e ss.mm.ii;
- d) delle Norme del Comitato Elettrotecnico Italiano (C.E.I), dell'Ente erogatore dell'energia elettrica e gestore delle linee ed apparecchiature elettriche ed impianti telefonici e trasmissione dati;
- e) delle Norme dell'Ente di Unificazione Italiano U.N.I. per quanto applicabili;
- f) della normativa tecnica europea con particolare riferimento alle guide del PIARC;
- g) delle leggi e regolamenti relativi agli impianti elettrici, nonché di tutte le altre norme citate negli altri capitoli del presente Capitolato;
- h) delle procedure di qualità, linee guida e regolamenti emanati da ANAS relativi agli aspetti impiantistici.

Per quanto riguarda l'impiego di materiali per i quali non si abbiano norme ufficiali, l'Impresa su richiesta della Direzione dei Lavori è tenuta all'osservanza delle norme che, pur non avendo carattere ufficiale fossero raccomandate dai competenti organi tecnici. Resta inteso comunque che tutti i materiali impiegati, salvo diverse prescrizioni della Direzione dei Lavori, dovranno recare il marchio identificativo IMQ e il marchio CE o equivalenti secondo normativa comunitaria. L'osservanza di tutte le norme prescritte si intende estesa a tutte le leggi, decreti, disposizioni, ecc. che potranno essere emanati durante l'esecuzione dei lavori e riguardino l'accettazione e l'impiego dei materiali da impiegare e quant'altro attinente ai lavori.



1.7 Programma e svolgimento lavori

Al termine della "ricognizione preliminare" da effettuare entro 30 gg nnc dalla consegna dei lavori l'impresa dovrà consegnare al DL due programmi di intervento. Il primo relativo alla manutenzione correttiva (relativo cioè alle anomalie riscontrate durante la ricognizione preliminare) anche al fine di consentire al Compartimento di emettere per tempo le eventuali necessarie Ordinanze, l'altro relativo alla pianificazione delle attività previste dalle schede di manutenzione.

Per ogni intervento di manutenzione preventiva dovrà essere redatta la relativa scheda di manutenzione e firmata dal tecnico responsabile dell'impresa.

Per ogni intervento di manutenzione correttiva e/o pronto intervento , dovrà inoltre essere redatto entro le successive 48 ore apposito rapporto di lavoro dal quale risultino i sistemi controllati, le anomalie riscontrate, le operazioni effettuate e i materiali impiegati. Detto verbale dovrà essere sottoscritto a fine intervento dagli operatori intervenuti e dal personale di ANAS competente.

Per ogni intervento di manutenzione straordinaria verrà redatta apposita contabilità.



1.8 Servizio di Reperibilità e Pronto intervento

L'impresa dovrà garantire il servizio di reperibilità e pronto intervento in modo tale che in qualsiasi momento la SOC, la SON o chi per loro possano ordinare, anche mediante semplice telefonata, al reperibile dell'impresa l'intervento urgente da eseguire (ad esempio incidente, allagamenti, etc.).

L'impresa dovrà mettere a disposizione pertanto almeno una squadra di due elettricisti muniti di cestello elevatore per gli interventi di urgenza.

L'impresa deve garantire fino a 3 interventi di emergenza simultanei.

L'intervento in emergenza termina con la "messa in sicurezza" dell'impianto o comunque del venir meno dell'evento scatenante l'emergenza.

Al termine del pronto intervento l'impresa comunicherà alla SOC oppure alla SON (a seconda di chi ha effettuato la richiesta) la chiusura dell'emergenza .

Il compenso per quanto sopra sarà da intendersi già corrisposto nel canone di manutenzione.

1.9.1 Manutenzione Preventiva

L'impresa effettuerà la manutenzione preventiva in base a quanto previsto nelle schede di manutenzione allegate. La manodopera necessaria per le suddette attività è inclusa nel canone di manutenzione

1.9.2 Manutenzione Correttiva

L'impresa dovrà effettuare gli interventi di manutenzione correttiva stabiliti nel crono programma che sarà redatto al termine della fase di ricognizione preliminare. Il programma degli interventi sarà stabilito di concerto con la Direzione Lavori anche al fine di ridurre al minimo l'impatto che i cantieri diurni/notturni avrebbero sulla circolazione stradale.

Nell'ambito della manutenzione correttiva rientra la sostituzione delle lampade esaurite, la sostituzione dei componenti guasti etc.

La manodopera necessaria per le suddette attività è inclusa nel canone di manutenzione, mentre i componenti saranno contabilizzati a parte in base al prezziario dei materiali

1.9.3 Manutenzione straordinaria

Gli interventi di manutenzione straordinaria saranno effettuati solo ed esclusivamente a discrezione dei Tecnici di ANAS previa valutazione della effettiva rilevanza dell'intervento ed



eventuale autorizzazione con OdS del DL.

Al fine di consentire al DL di effettuare una valutazione e conseguentemente stabilire modalità e tempistiche d'intervento, l'impresa che svolge il servizio di manutenzione dovrà effettuare un rilievo in campo, redigere una relazione tecnica sull'oggetto dell'intervento, in cui saranno chiaramente descritte:

- ✓ Il macchinario, o parte dell'equipaggiamento su cui effettuare l'intervento
- ✓ Il tipo e l'entità del guasto
- ✓ Una dettagliata documentazione fotografica
- ✓ Le modalità di intervento, specificando come si intende ripristinare il guasto, un'analisi delle tempistiche di intervento ed una valutazione degli oneri ad esso connessi.

I singoli lavori di manutenzione straordinaria saranno ordinati secondo necessità all'impresa dalla Direzione Lavori. Una volta ordinata la prestazione, verrà consegnato il lavoro all'Impresa assegnandogli un termine perentorio per iniziarlo ed un tempo utile per dare ultimati gli interventi.

Gli interventi di manutenzione straordinaria saranno contabilizzati a misura in base all'elenco prezzi unitari ANAS.



1.10 Prescrizioni generali dei lavori di manutenzione ordinaria degli impianti elettrici

ANAS si riserva, richiamando appositamente il servizio nel Capitolato Norme Generali, di istituire e/o collegare e/o distaccare personale dell'Impresa presso i Centri ANAS allo scopo di realizzare un Centro Servizi di Manutenzione.

Tale servizio di System Management, attivo 365 giorni l'anno per 24 ore al giorno, è istituito al fine di monitorare in modo pro-attivo lo stato delle Unità di Controllo e del Sistema di Gestione ed attuare procedure immediate di ripristino all'eventuale presentarsi di malfunzionamenti.

Il servizio di System Management dovrà includere il Fault Detection ed Isolation, sul sistema di Gestione e sulle Unità di Controllo. Tale attività sarà continuativa per tutto il periodo di manutenzione.

Al fine di tenere aggiornata la Direzione Lavori, il Centro Servizi dovrà erogare un report trimestrale sul riscontro di malfunzionamenti e disservizi e ripristino. Tale attività sarà continuativa per tutto il periodo di manutenzione.

Si dovrà prevedere un sistema che in tempo reale, mediante una interfaccia Web, consenta alla direzione lavori di accedere a:

- ✓ lista delle richieste di intervento (si veda nel seguito) ed il relativo stato di lavorazione;
- ✓ una libreria di documenti che includono i manuali dei dispositivi forniti, le guide d'uso e d'amministrazione, gli schemi di rete, le FAQ (Frequently Asked Question);
- ✓ i report sui livelli di Servizio offerti;
- ✓ lo schema di organizzazione del progetto e del Centro Servizi, con i relativi contatti, per la gestione di eventuali Escalation.

Tale servizio sarà disponibile per tutto il periodo di manutenzione.

Vista la criticità dell'infrastruttura gestita, si richiede che il Centro Servizi sia conforme alle procedure e standard internazionali relative alla gestione dei processi informatici e di sicurezza.

L'impresa o studi ad essa collegati e sotto la propria responsabilità e coordinamento dovrà/dovranno quindi essere certificata/i UNI EN ISO 9001 : 2000 per i settori:

- ✓ progettazione ed erogazione di servizi di project management, ricerca e sviluppo, installazione, collaudo, avviamento, manutenzione, conduzione, gestione ed assistenza;
- ✓ progettazione, sviluppo e fornitura di sistemi di comunicazione e di soluzioni informatiche complete, soluzioni e servizi di sicurezza e tutela ambientale in ambito ICT;
- ✓ per l'erogazione dei servizi di System Management è richiesto che il Centro Servizi operi secondo la metodologia IT Infrastructure Library in particolare per le aree;
- ✓ IT Service Management;
- ✓ support;
- ✓ delivery;
- ✓ ICT Infrastructure Management;



- ✓ Applications Management;
- ✓ l'appaltatore dovrà disporre di almeno 1 persona auditor per i sistemi UNI EN 9001:2000.

L'Impresa dovrà eseguire i lavori attenendosi alle migliori regole dell'arte, seguire i migliori procedimenti tecnici e le prescrizioni dettate dalle vigenti norme in materia di impianti elettrici, eseguire ogni tipo di lavoro con materiali e magisteri appropriati e rispondenti alle qualità richieste dalla D.L., in ogni caso attenendosi alle prescrizioni del presente capitolato ed agli ordini che all'atto esecutivo verranno impartiti dalla D.L.

1.10.1 Canone di Manutenzione

Le prestazioni che verranno compensate forfettariamente con il canone manutentorio, come già sopra descritto, sono:

- ✓ LA RICOGNIZIONE PRELIMINARE
- ✓ IL DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEM (PDM)
- ✓ IL CENTRO SERVIZI INFORMatico:
- ✓ IL SERVIZIO DI PRONTO INTERVENTO E REPERIBILITA':
- ✓ LA MANUTENZIONE PREVENTIVA;
- ✓ LA MANUTENZIONE CORRETTIVA (Forniture escluse):

Tutte le restanti prestazioni e riparazioni (MANUTENZIONE STRAORDINARIA), effettuate su specifico ordine della D.L., saranno compensate invece a misura con i relativi prezzi di elenco.

Oltre a quanto sopra indicato è compreso nel canone il controllo periodico mensile e mantenimento in efficienza di tutte le apparecchiature esistenti nei locali tecnici, restando a carico dell'Impresa ogni onere relativo per la temporanea interruzione dell'alimentazione degli impianti che dovesse rendersi necessaria per interventi manutentori da effettuarsi esclusivamente in contraddittorio con la D.L., controllo mensile dei quadri contenenti le apparecchiature di alimentazione e mantenimento in efficienza di tutte le apparecchiature in esso contenute, eliminazione con periodicità trimestrale delle erbacce e ceppaie per la larghezza di almeno un metro, lungo i sentieri di accesso agli impianti e ai quadri di comando, nonché pulitura dello spazio antistante i quadri e i locali tecnici;

L'appaltatore dovrà erogare un servizio di Manutenzione Preventiva e Correttiva, per tutta la durata del contratto.

L'appaltatore dovrà fornire la manualistica e gli schemi impiantistici ed elettrici di dettaglio di tutti i sistemi installati.

Il Servizio di pronto intervento, come già detto, dovrà includere un servizio di Help Desk presso il Centro Servizi dell' Appaltatore a cui ricevere tutte le richieste di intervento da parte del



personale della Sala Operativa e della D.L. per segnalazione di guasti, disservizi, degrado di prestazioni. Tale servizio dovrà garantire:

- a) un accesso in modalità multicanale mediante numero verde telefonico, fax, e-mail e web;
- b) disponibilità 365 giorni all'anno, 24 ore su 24;
- c) automazione della gestione dei Trouble Ticket con possibilità di monitoraggio on line dello stato di lavorazione da parte del personale del Centro Servizi, delle Squadre di Manutenzione e del personale della SOC;
- d) soddisfacimento dei parametri prestazionali descritti nella tabella seguente:

Parametro	Definizione	Soglia
Tempo di attesa per le chiamate	Tempo che intercorre tra l'inizio della chiamata (intesa come risposta del sistema) e la risposta da parte dell'operatore del Customer Care	< 30" di attesa per il 95% delle chiamate
Chiamate entranti perse	Chiamate pervenute al Customer Care e terminate prima di avere ottenuto risposta (misurato in percentuale rispetto al totale delle chiamate pervenute), esclusi i casi di abbandono da parte del chiamante.	< 1% delle chiamate entranti
Tempo di risposta al disservizio	Tempo che intercorre tra la presa in carico della segnalazione e la risposta al disservizio	< 1 ora per il 95% delle richieste

A seguito di una chiamata da parte del personale della SOC, della D.L. o a seguito del riscontro di un guasto da parte del Centro Servizi, un guasto dovrà essere ripristinato, da remoto o con intervento in loco, secondo una tempistica descritta nelle tabelle che seguono.

Definizione delle Severity Codes		
Severity Code 1	Guasto Bloccante: che provoca cioè una totale perdita di servizio.	
Severity Code 2	Guasto grave, che provoca una parziale interruzione del servizio od un degrado delle prestazioni del servizio stesso.	
Severity Code 3	Guasto non grave, che indica un guasto ad un prodotto che può verificarsi occasionalmente, causando un'interruzione di servizio estremamente limitata, o senza alcuna interruzione di servizio e senza degrado delle prestazioni.	
Tempi massimi di ripristino dei guasti		
Parametro	Modalità	Soglia
Tempo di ripristino per Severity Code 1	Intervento On Site	8 ore solari, per il 99% delle segnalazioni di disservizio con Severity Code 1
Tempo di ripristino per Severity Code 2	Intervento On Site	16 ore solari, per il 99% delle segnalazioni di disservizio con Severity Code 2



Tempo di ripristino per Severity Code 3	Intervento On Site	24 ore solari, per il 99% delle segnalazioni di disservizio con Severity Code 3
Tempo di ripristino per guasto software	Intervento On Site o Telegestione	3 ore solari, per il 99% delle segnalazioni di disservizio con Severity Code 1

Tali tempi devono essere garantiti H 24 per l'intero anno e, comunque, per tutta la durata della manutenzione.

La mancata osservanza delle prestazioni suddette nei termini sopra indicati o all'uopo prescritti dalla D.L. mediante appositi Ordini di servizio, determina l'applicazione delle penali previste, che verranno inserite nella contabilità e trattenute nello stato di avanzamento lavori successivo all'evento.



2. Manutenzione degli impianti tecnologici

La manutenzione rappresenta l'insieme delle attività finalizzate a un impiego economico e sostenibile delle risorse, nella progettazione e nella gestione e nella conservazione dei sistemi tecnologici. La manutenzione persegue obiettivi di fruibilità e conservazione del valore dei sistemi nel tempo, utilizzando una molteplicità di tecniche e di strumenti che appartengono principalmente al dominio dell'ingegneria, delle scienze e della economia. Lo scopo è quello di assicurare le azioni necessarie al raggiungimento di tali obiettivi e la disponibilità di risorse ben formate per realizzare tali azioni in modo adeguato. La manutenzione inoltre ha il compito di adeguare e se possibile migliorare costantemente i sistemi alle esigenze espresse dai loro utilizzatori, ricorrendo dove necessario alla loro riprogettazione o alla loro sostituzione, quando i sistemi non sono più in grado di svolgere compiutamente la funzione loro assegnata.

2.1 Classificazione delle tipologie di manutenzione

Si distinguono quattro tipi di manutenzione:

a) Manutenzione preventiva (o programmata) – E' quella che si sviluppa secondo scadenze prefissate, generalmente durante le fermate dell'impianto; può comportare la sostituzione di parti elettriche critiche indipendentemente dal loro stato d'uso.

b) Pronto intervento e reperibilità (o di emergenza) – E' quella che si attua per riparare guasti o danni.

c) Manutenzione correttiva – E' quella che utilizza il controllo e l'analisi dei parametri fisici per stabilire l'esigenza o meno di interventi; consente di intervenire orientando la manutenzione solo sui componenti che ne hanno effettivamente bisogno o su quelli guasti.

d) Manutenzione straordinaria – E' quella che prevede azioni migliorative ed in taluni casi anche super-correttive quando l'intervento correttivo aumenta in modo significativo il valore residuo e/o la longevità del sistema e il ciclo di vita delle singole apparecchiature. Lo scopo pertanto, non è dettato da una esigenza impellente di ripristinare il livello ottimale di funzionamento, ma piuttosto da una gestione economica, nel tempo, del sistema mantenuto oppure per il rifacimento ex-novo di un impianto divelto in seguito ad un incidente.

Le manutenzione a), b), c) dovranno essere svolte accuratamente dall'impresa e si intendono completamente compensate in modo da non diminuire prestazioni, qualità e quantità del bene e di tutti sistemi, sub sistemi e apparecchiature elementari oggetto della manutenzione.

2.2 Registro della Manutenzione

Nel "Registro delle manutenzioni" saranno registrati tutti gli interventi effettuati sulle singole apparecchiature/componenti, sistemi sia nell'attività di interventi programmati, sia straordinari o per interventi su disservizi.



Di seguito è indicato un esempio di tale documento che potrà comunque essere modificato dall'Appaltatore sulla base di:

- ✓ propria esperienza;
- ✓ indicazioni del Costruttore e/o di ANAS;

Apparecchiatura:			
Costruttore:			
Dati di riferimento:			
MANUTENZIONE: (O = Ordinaria S = Straordinaria)			
Data	Tipo O/S	Descrizione degli interventi di manutenzione	Firma del Manutentore



3. Riferimenti normativi

Di seguito, ad integrazione di altri riferimenti richiamati in questo Capitolato o nella parte Generale si riportano i riferimenti normativi da rispettare, per il corretto svolgimento delle opere di manutenzione.

- UNI 11414 -Manutenzione - Linee guida per la qualificazione del sistema di manutenzione
- UNI 11420 -Manutenzione - Qualifica del personale di manutenzione
- UNI 9910 - Manutenzione – Terminologia sulla fidatezza e sulla qualità del servizio
- UNI 10144- Manutenzione – Classificazione dei servizi di manutenzione
- UNI 10145- Manutenzione – Definizione dei fattori di valutazione delle imprese fornitrici di servizi di manutenzione
- UNI 10146- Manutenzione – Criteri per la formulazione di un contratto per la fornitura di servizi finalizzati alla manutenzione
- UNI 10147 - Manutenzione – Terminologia
- UNI 10148- Manutenzione – Gestione di un contratto di manutenzione
- UNI 10224- Manutenzione – Principi fondamentali della funzione manutenzione
- UNI 10366- Manutenzione – Criteri di progettazione della manutenzione
- UNI 10388- Manutenzione – Indici di manutenzione
- UNI 10584 - Manutenzione – Sistema informativo di manutenzione
- UNI 10685 - Criteri per la formulazione di contratti global service
- UNI 10874- Criteri di stesura dei manuali d'uso e di manutenzione

Inoltre si ricorda il D.P.R. 462/ 01 del 22 ottobre 2001, il quale prevede due obblighi per il "datore di Lavoro":

- ✓ effettuare verifiche ispettive con cadenza stabilita
- ✓ effettuare regolari manutenzioni dell'impianto che si possono tradurre anche con l'effettuazione di verifiche "manutentive" previste dalla vigente normativa CEI per lo specifico tipo d'ambiente.



3.1 Terminologia e definizioni

Le norme precedentemente citate contengono alcune definizioni e termini che sono alla base del piano di manutenzione.

Si è ritenuto opportuno riportarle così come definito dalle documentazioni ufficiali al fine di una chiara lettura di quanto di seguito elaborato.

Sistema informativo di manutenzione: complesso di norme, procedure e strumenti atti a raccogliere ed elaborare informazioni per la gestione delle attività di manutenzione e per il monitoraggio dell'attività degli impianti (Tratta dalla norma UNI 10584, che è il riferimento ufficiale per tale definizione);

Manuale di conduzione tecnica: raccolta organica e sistematica di documenti attinenti l'insieme delle modalità di conduzione "tecnica del bene o di sue specifiche "unità funzionali" destinato ai tecnici responsabili della conduzione "tecnica" (UNI 19874)

Manuale (libretto) d'uso e di manutenzione: raccolta delle istruzioni e delle procedure di conduzione tecnica e manutenzione necessarie all'utente finale del manufatto, limitate alle operazioni per le quali non sia richiesta alcuna specifica capacità tecnica (UNI 10874)

Avaria: stato di un'entità, caratterizzato dalla sua inabilità ad eseguire una funzione richiesta, non comprendente l'inabilità durante la manutenzione preventiva o altre azioni pianificate, oppure dovuta alla mancanza di mezzi esterni (UNI 9910)

Diagnostica: insieme delle attività finalizzate alla conoscenza dello stato e delle condizioni di funzionamento dell'edificio e delle sue parti (UNI 10604)

Guasto: cessazione dell'attitudine di un'entità a eseguire la funzione richiesta (UNI 9910)

Guasto critico: un guasto considerato suscettibile di causare danni a persone, o danni materiali significativi o altre conseguenze non accettabili (UNI 9910)

Stato di funzionamento: lo stato nel quale un'entità esegue una funzione richiesta (UNI 9910)

Manutenzione: combinazione di tutte le azioni tecniche ed amministrative, incluse le azioni di supervisione, volte a mantenere o a riportare un'entità in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta (UNI 9910)

Conduzione tecnica: insieme delle responsabilità, delle competenze e degli atti diretti a garantire il mantenimento in esercizio di un bene o di sue specifiche unità funzionali

Gestione tecnica: fase del processo edilizio che si avvia al momento della messa in esercizio del manufatto, e che si esplica con due attività complesse: la conduzione e la manutenzione dell'opera. Costituisce un insieme integrato di attività che prendono avvio dalla messa in esercizio e sono finalizzate al mantenimento delle caratteristiche di affidabilità prefissate, all'eventuale adeguamento a nuove esigenze d'uso, nonché all'ottimizzazione dei costi di funzionamento.



4. Attività di manutenzione per tipologia di impianto

Di seguito si riportano i sistemi che devono essere sottoposti periodicamente a interventi manutentivi:

4.1 Cabina elettrica

4.1.1. Verifiche periodiche

In aggiunta alle verifiche quindicinali, nelle cabine elettriche vanno effettuate, da parte di personale specializzato, verifiche periodiche, minimo una volta l'anno ad intervalli non superiori a 10 mesi.

Con riferimento alle cabine con centri di trasformazione MT/bt le verifiche dovranno riguardare almeno gli aspetti sotto elencati:

- ✓ esame a vista delle condizioni di pulizia e dello stato di conservazione delle strutture;
- ✓ Pulizia e con idonei mezzi (ad esempio appositi aspirapolvere) dei cunicoli per cavi e sotto i pavimenti sopraelevati, nell'occasione si dovranno controllare eventuali infiltrazioni d'acqua, presenza di roditori ecc, e nel qual caso ripristinare le tamponature tra l'esterno e l'interno;
- ✓ Efficienza dei collegamenti ai collettori di terra e dell'impianto di terra nel suo insieme;
- ✓ Esame a vista della pressione del gas SF₆ negli interruttori di MT che lo contengono;
- ✓ Efficienza dei sistemi fissi e portatili per l'illuminazione di sicurezza;
- ✓ Efficienza dei sistemi di controllo e segnalazione
- ✓ Efficienza dei dispositivi di protezione contro i contatti indiretti: differenziali, con prova efficienza e tempo d'intervento;
- ✓ Controllo dei set di taratura degli sganciatori magnetotermici e dei relè di terra indiretti degli interruttori scatolati ed aperti;
- ✓ Prova del sistema di trasferimento automatico delle alimentazioni dai due trasformatori al quadro bt;
- ✓ Prova commutazione automatica Rete-GE dei quadri bt;
- ✓ Esame a vista dello stato di conservazione dei tappeti isolanti, e delle altre attrezzature di sicurezza;
- ✓ Efficienza dei mezzi antincendio; assistenza ai tecnici incaricati delle verifiche degli estintori e contemporanea verifica dei cartelli monitori e delle dotazioni di sicurezza delle cabine e dei locali tecnologici dedicati agli impianti elettrici;
- ✓ Controllo e pulizia dei relè e dei teleruttori presenti nei quadri elettrici;
- ✓ verifica del valore della resistenza dell'impianto di messa a terra delle cabine elettriche (vedi tabella);



Impianti di terra Verifiche periodiche	Ente di competenza ASL/SPESL	DPR 27/04/55 n.547, art. 328 DM 12/09/59 DM 15/10/93 art. 519 DPR 462/01	Periodicità - ogni due anni - ogni cinque anni per le officine e le cabine elettriche (tranne nei casi di impianti di terra artificiale, per i quali la periodicità è di due anni) I verbali di verifica devono essere conservati presso gli impianti almeno per quattro anni.
---	---------------------------------	---	---

4.1.2 Estintori

In ogni locale delle cabine elettriche è previsto un estintore (più di uno nel locale G.E. se la potenza di questo lo richiede a norma di legge)

La norma UNI 9994-1 2013, costituisce la norma di riferimento per la verifica e la manutenzione degli estintori portatili e carrellati d'incendio prescrivendo i criteri per effettuare la sorveglianza, il controllo, la revisione ed il collaudo al fine di garantirne l'efficienza operativa.

La revisione consiste nel controllare e rendere perfettamente efficiente l'estintore tramite l'esecuzione dei seguenti accertamenti ed interventi:

- ✓ verifica del tipo e dell'idoneità dell'agente estinguente in funzione delle aree da proteggere;
- ✓ verifica della conformità al prototipo omologato per quanto attiene alle iscrizioni ed all'idoneità degli eventuali ricambi;
- ✓ verifica che l'estintore sia presente e segnalato con apposito cartello, secondo quanto prescritto dal D.Lgs. n.81/08, recante la dicitura "estintore" e/o "estintore n...."
- ✓ accertamento che l'estintore sia chiaramente visibile, immediatamente utilizzabile e che l'accesso allo stesso sia libero da ostacoli;
- ✓ verifica che l'estintore non sia stato manomesso, in particolare non risulti manomesso o mancante il dispositivo di sicurezza per evitare azionamenti accidentali;
- ✓ controllare che i contrassegni distintivi siano esposti a vista e siano ben leggibili;
- ✓ verifica che l'indicatore di pressione, se presente, indichi un valore di pressione compreso all'interno del campo verde;
- ✓ esecuzione di un esame visivo dell'estintore per accertare che lo stesso non presenti anomalie quali, ad esempio, ugelli ostruiti, perdite, tracce di corrosione, sconnessioni o incrinature dei tubi flessibili, ecc;
- ✓ accertamento che il cartellino di manutenzione sia presente sull'apparecchio e sia correttamente compilato;
- ✓ ricarica e/o sostituzione dell'agente estinguente;
- ✓ compilazione del cartellino di manutenzione con punzonatura della data di effettuazione della revisione.



Le eventuali anomalie riscontrate devono essere prontamente eliminate.

Le operazioni previste per la fase di revisione (manutenzione) devono tenere in evidenza il tipo di estintore ed il tempo massimo di frequenza con sostituzione della carica in mesi secondo la normativa vigente

Gli interventi devono essere eseguiti da personale qualificato ed in possesso dei requisiti di legge e devono essere annotati sull'apposita scheda del registro.

In fase di revisione, i ricambi utilizzati devono far conservare all'estintore la conformità al prototipo approvato dal Ministero dell'Interno ed essere garantiti all'utilizzatore a cura del manutentore.

4.1.3 Persone autorizzate ad accedere in cabina

Nessuno può accedere ad una cabina chiusa senza essere stato preventivamente autorizzato da un "responsabile".

L'autorizzazione si formalizza con la consegna delle chiavi e con l'annotazione del nome in un elenco.

Gli elenchi possono essere due:

- 1 – persone con autorizzazione permanente all'ingresso in cabina;
- 2 – persone con autorizzazione all'ingresso in cabina in determinati e limitati periodi.

In presenza di più cabine una persona può essere autorizzata ad entrare in tutte, oppure solo in alcune.

Nell'ambito di chi è autorizzato, occorre fare la seguente distinzione:

- ✓ Persone esperte (PES) vedi CEI EN 50110-1 art.3.2.3;
- ✓ Persone avvertite (PAV) vedi CEI EN 50110-1 art.3.2.4;
(Per le definizioni vedere anche CEI 64-8/2 art. 29.1)

E' importante considerare come l'attitudine e la preparazione tecnica – antinfortunistica di una persona dipenda comunque da:

- ✓ tipo di operazione che essa è chiamata a svolgere;
- ✓ tipo d'impianto sul quale si trova ad operare
- ✓ presenza o meno, in veste di supervisore, di una persona più preparata.

Sulla base di questi concetti il progetto delle cabine ha tenuto conto delle diverse tipologie di apparecchi installati e, di conseguenza, della diversa qualifica specialistica del personale di manutenzione.

Infatti le cabine prevedono locali separati per:

- ✓ apparecchiature di MT (quadri-trasformatori);



- ✓ apparecchiature di bt;
- ✓ apparecchiature di controllo e automazione

Tutte le apparecchiature sono protette da contenitori appropriati o da barriere.

Dal punto di vista legislativo , D.Lgs. 81/08 si possono trarre le conclusioni di cui la tabella che segue:

1	Ogni persona che da sola o accompagnata da altra accede ad una cabina deve essere formalmente autorizzata a farlo. L'autorizzazione può essere permanente o temporanea.
2	Le persone esperte anche sui pericoli insiti negli impianti e nelle apparecchiature di Media Tensione possono eseguire tutte le operazioni di manovra o altro, purché: conoscano gli schemi degli impianti e delle cabine in questione; agiscano in modo coordinato con le persone presenti su impianti e macchinari che dalle manovre in cabina possono subire effetti di qualsiasi genere; siano accompagnate da almeno una seconda persona, anch'essa esperta o avvertita, e soprattutto informata circa le azioni da intraprendere in caso di elettrocuzione ⁽¹⁾
3	Le persone avvertite sui pericoli della Media Tensione ed informate in modo specifico sull'impianto in questione possono operare all'interno di una cabina su indicazione di una persona esperta e senza effettuare manovre critiche (a meno che non siano coordinate direttamente da una persona esperta)
⁽¹⁾ La presenza di una seconda persona è strettamente necessaria solo allorché non possano essere esclusi effetti pericolosi a seguito delle operazioni che si vanno a compiere in cabina	

4.2 Impianto idrico antincendio

L'impianto idrico antincendio è costituito da:

- ✓ Gruppo di pressurizzazione – del tipo monoblocco preassemblato in un'unica soluzione su basamento in acciaio zincato a caldo, costruito con accessori elettrici ed idraulici secondo Norme UNI 10779 e UNI EN 12845 può essere composto da:
 - a. n° 1 elettropompa primaria;
 - b. n° 1 elettropompa secondaria;
 - c. n° 1 motopompa di riserva azionata da motore diesel;
 - d. n° 1 elettropompa "pilota" di pressurizzazione;
 - e. quadri di comando;
 - f. circuito di prova manuale;
 - g. pressostati per il funzionamento automatico;
 - h. valvole a farfalla di intercettazione in mandata ed aspirazione;
 - i. valvole di ritegno ispezionabili in mandata;
 - j. tronchetti per attacco misuratore di portata e circuito diaframmatico;
 - k. collettore di mandata;
 - l. manometri e manovuotometri.
- ✓ Vasca di accumulo – ha lo scopo di rendere indipendente l'alimentazione dell'impianto antincendio dalla rete idrica locale, al fine di evitare eventuali disservizi agli altri utenti della rete. Il suo dimensionamento tiene conto di particolari esigenze



che impongono valori di capacità della vasca tali, da garantire il funzionamento di alcune unità terminali (idranti e testine), con le portate nominali, per un determinato tempo.

- ✓ Vano tecnico: è un locale tecnico nel quale confluisce, attraverso una tubazione, la portata d'acqua prelevata dalla vasca di accumulo e dal quale partono le varie diramazioni che alimentano le unità terminali (idranti). In particolare all'interno del vano sono alloggiati varie tipologie di valvole (di intercettazione, di sicurezza, di ritegno, etc.) e strumenti di misura, con i quali è possibile attivare (o isolare per interventi manutentivi) e monitorare le varie diramazioni.
- ✓ Idranti - UNI45 all'interno delle gallerie alloggiati all'interno delle colonnine SOS, e idranti soprasuolo UNI70 in prossimità degli imocchi e alle piazzole, attacco motopompa VVF, collegati ai gruppi di pressurizzazione antincendio attraverso una rete idrica eventualmente ad anello.

Per le verifiche periodiche e la manutenzione si fa riferimento alla Norma UNI 12845 della quale si riporta integralmente i punti applicabili al sistema.

Norma UNI 12485 - Aprile 2007 capitolo 20

L'utente è responsabile del mantenimento delle condizioni d'efficienza dell'impianto, che restano affidate alla sua responsabilità anche esistendo il servizio di ispezione periodica da parte della ditta installatrice o di altro ente, e deve pertanto provvedere:

- ✓ alla continua sorveglianza dell'impianto;
- ✓ alla sua manutenzione, richiedendo in particolare le necessarie istruzioni alla ditta installatrice;
- ✓ a far eseguire come minimo le ispezioni di seguito specificate.

L'utente deve tenere un apposito registro, firmato dai responsabili, costantemente aggiornato su cui segnare:

- ✓ le prove eseguite;
- ✓ i guasti e, se possibile, le relative cause;
- ✓ gli interventi dell'impianto.

Detto registro deve essere tenuto a disposizione per eventuali controlli (VVF, compagnie d'assicurazione, ecc.).

4.2.1 Ispezioni Periodiche

L'impianto idrico antincendio in esercizio deve essere sottoposto ad ispezioni periodiche indicate sul Programma di Manutenzione allegato, allo scopo di verificare lo stato di efficienza e la conformità alla presente Norma.

Per tutti i tipi d'impianto durante l'ispezione devono essere eseguite le seguenti operazioni:



- ✓ esame generale dell'intero impianto (comprese le alimentazioni) allo scopo di verificare lo stato apparente di tutti i componenti);
- ✓ prove di funzionamento di tutti gli erogatori;
- ✓ rilevamento delle pressioni in uscita e prova di funzionamento di eventuali segnalatori di allarme;
- ✓ prova di tenuta di tutte le valvole di non ritorno;
- ✓ controllo della posizione di apertura delle valvole di intercettazione e relativo bloccaggio;
- ✓ verifica delle scorte indicate dalla ditta installatrice o dal fornitore delle apparecchiature.

L'accertamento sarà formalizzato nell'apposito registro ed eventualmente mediante certificato di ispezione, evidenziando, in particolare:

- ✓ le eventuali variazioni riscontrate, rispetto alla situazione dell'ultima verifica precedente;
- ✓ le eventuali deficienze riscontrate.

4.2.2 Operazioni per impianto di sovrappressione

Oltre a quanto sopra descritto, devono essere eseguite le seguenti operazioni:

- ✓ verifica dello stato delle vasche o dei serbatoi di accumulo o disgiunzione, del livello e delle condizioni dell'acqua in questi e prove di funzionamento dei relativi indicatori di livello, rinalzi o reintegri e delle loro valvole a galleggiante e apparecchiature ausiliarie; dette vasche dovranno essere ispezionate e pulite almeno una volta l'anno;
- ✓ verifica del livello e prova di funzionamento del rinalzo, dei dispositivi di controllo ed eventuali regolatori di livello dei serbatoi di adescamento di pompe installate sopra battente;
- ✓ prova d'avviamento automatico e funzionamento delle pompe; il funzionamento delle motopompe deve essere protratto per non meno di 30 minuti;
- ✓ prova di riavviamento manuale delle pompe, con valvola di prova completamente aperta, immediatamente dopo l'arresto.

Si dovrà verificare il livello dell'olio lubrificante nel motore, quello del carburante e quello dell'elettrolito nelle batterie d'avviamento e d'alimentazione delle motopompe, eseguendo i relativi rabbocchi, se necessari, e la densità dell'elettrolito stesso mediante densimetro. Nell'eventualità che la densità di questo risultasse insufficiente, anche se il funzionamento dell'apparecchio di ricarica è regolare, la batteria dovrà essere immediatamente sostituita.

4.2.3 Prove dell'impianto

Le prove concernenti le prestazioni dell'impianto devono essere ripetute almeno una volta l'anno, allo scopo di accertare che non si siano verificati nel frattempo deterioramenti che diano luogo ad una riduzione di portata e di pressione intollerabili per gli impianti alimentati.



4.2.4 Serbatoio gasolio

Contenendo una sostanza altamente corrosiva, la manutenzione per questo dispositivo consiste nella ispezione visiva trimestrale dello stato del materiale costituente il serbatoio e delle eventuali giunture, dalle quali si possono verificare dei trafiletti. Questi ultimi possono risultare potenzialmente dannosi sia in termini economici che in termini di sicurezza (materiale infiammabile). Il serbatoio gasolio è un contenitore cilindrico in acciaio ad asse orizzontale e a doppia parete. Dovranno essere prontamente segnalati diminuzioni di carburante ed è a carico dell'impresa ripristinare al più presto i livelli ottimali.

4.2.5 Idranti

Per ogni singolo idrante, devono essere eseguite le seguenti operazioni:

- ✓ l'idrante deve essere presente in ogni suo componente (cassetta, manichetta, lancia, attacco idraulico) e segnalato tramite apposito cartello (disegno bianco su fondo rosso);
- ✓ l'idrante deve essere facilmente individuabile, libero da ostacoli ed immediatamente utilizzabile;
- ✓ la manichetta deve essere regolarmente arrotolata in buono stato di conservazione, asciutta, e rispondente alle date di scadenza;
- ✓ la lancia deve avere la maniglia di regolazione dell'acqua in posizione chiusa ed essere in buono stato di conservazione;
- ✓ la cassetta deve essere dotata di vetro di sicurezza e non deve presentare tracce di rottura, corrosione ecc.

4.2.6 Manutenzione delle ulteriori attrezzature rientranti nell'impianto antincendio

I sistemi, i dispositivi e le attrezzature rientranti nell'impianti antincendio necessitano di una corretta gestione e manutenzione.

L'attività di controllo, verifica e manutenzione riguardano:

- ✓ porte REI;
- ✓ uscite di sicurezza;
- ✓ pulsanti di sgancio corrente elettrica;
- ✓ rilevatori di incendio;
- ✓ DPI antincendio e dispositivi di primo soccorso;

Di seguito si riportano i tipi di controllo da eseguire sui sistemi e sulle attrezzature.

Per la manutenzione periodica di tutte le componenti dell'impianto occorre la compilazione di un Registro dei Controlli.

Su tale registro vanno annotate le verifiche, i controlli e le operazioni di manutenzione su



sistemi, attrezzature ed impianti antincendio, nonché l'attività di informazione e formazione antincendio dei lavoratori.

Qualora risultasse una situazione non idonea l'Impresa dovrà ripristinarne immediatamente l'efficacia.

4.2.7 Porte REI

I controlli da eseguire sono i seguenti:

- ✓ verificare che la chiusura automatica della porta sia ermetica;
- ✓ verificare che siano mantenute costantemente chiuse;
- ✓ controllare che la chiusura e l'apertura avvengano in modo semplice e con facilità;
- ✓ controllare la funzionalità dei dispositivi automatici di chiusura (cerniere con molla di richiamo funzionante).

4.2.8 Uscite di sicurezza

I controlli da eseguire sono i seguenti:

- ✓ verificare che l'uscita di sicurezza e i by-pass siano segnalati da idoneo cartello (disegno bianco su fondo verde);
- ✓ verificare che l'accesso all'uscita, compreso il percorso necessario per raggiungerla, sia libero da ostacoli o qualsiasi altro impedimento;
- ✓ verificare che le ante della porta siano facilmente e completamente apribili.

4.2.9 Pulsanti di sgancio corrente elettrica (cabina)

I controlli da effettuare sono i seguenti:

- ✓ verificare se sia necessario il martelletto per la rottura del vetro del pulsante;
- ✓ verificare che il pulsante sia chiaramente visibile ed immediatamente utilizzabile;
- ✓ verificare che il pulsante sia provvisto di cartello indicante la funzione svolta;
- ✓ verificare l'effettivo e corretto funzionamento del pulsante; questo può essere fatto premendo il pulsante dopo aver rimosso il coperchio di protezione con idoneo attrezzo e controllando l'interruzione dell'alimentazione elettrica.

4.2.10 DPI antincendio e dispositivi di primo soccorso

I controlli da effettuare sono i seguenti:

- ✓ verificare che la cassetta sia segnalata da apposito cartello (disegno bianco su fondo verde per la cassetta di primo soccorso, disegno bianco su fondo rosso per quella antincendio) e provvista dell'elenco dei materiali contenuti;



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.MO.05.53 - Rev.1.0
Manutenzione ordinaria degli Impianti Tecnologici

- ✓ la cassetta deve essere ben visibile e facilmente raggiungibile;
- ✓ i materiali presenti nella cassetta devono corrispondere a quelli contenuti nell'elenco affisso sulla stessa e risultare in buono stato di conservazione;
- ✓ verificare i materiali con scadenza.



4.3 Impianto di ventilazione e monitoraggio dei parametri ambientali

4.3.1 Ventilatori

Occorre effettuare seguenti interventi manutentivi per ogni ventilatore secondo le schede allegate:

- ✓ smontaggio della griglia posteriore per l'accesso al gruppo motore;
- ✓ pulizia manuale con uso di prodotti sgrassanti e a mezzo di aria compressa di tutto il gruppo elettroventilatore, compresi le carenature di protezione interna ed esterna, le griglie e le pale;
- ✓ controllo con chiave dinamometrica dei tiranti e dei relativi bulloni di ancoraggio della mensola alla calotta della galleria o al basamento;
- ✓ controllo dei bulloni di aggancio del motore al castello ed eventuale sostituzione delle molle a tazza e relativa taratura;
- ✓ controllo del funzionamento elettromeccanico del dispositivo automatico di arresto dell'elettroventilatore in caso di sbilanciamento;
- ✓ ingrassaggio dei cuscinetti con grasso filante;
- ✓ verifica di tutta la bulloneria;
- ✓ ispezione della girante;
- ✓ verifica spostamento antivibranti;
- ✓ verifica e pulizia della catena di sicurezza;
- ✓ controllo dei tasselli di fissaggio degli ancoraggi della catena alla calotta della galleria e dei relativi tiranti;
- ✓ controllo del funzionamento del dispositivo di arresto (microswitch) e verifica manuale della taratura del medesimo con nastro sotto trazione;
- ✓ prove di funzionamento del ventilatore.



4.3.2 Misuratori CO, OP e anemometri

4.3.2.1 Manutenzione rilevatori di CO/OP (CO e Opacità dell'aria)

Con la frequenza indicata nel Programma di Manutenzione, allegato al presente manuale, andranno eseguite le seguenti operazioni:

- ✓ controllo e pulizia generale degli strumenti;
- ✓ sostituzione parti di consumo se necessarie (sorgente, chopper);
- ✓ controllo integrità meccanica di protezione dell'unità di elaborazione sistemato in armadio nella nicchia in galleria (polvere e acqua);
- ✓ controllo analitico (zero e linearità);
- ✓ ricalibrazione;
- ✓ controllo funzionalità del sistema di rilevamento incendio;
- ✓ aggiornamento delle tabelle riassuntive di tutti gli analizzatori comprensivo di attività svolte sul singolo analizzatore, con numero di serie e collocazione.

4.3.2.2 Manutenzione Anemometri (MDA)

Con la frequenza indicata nel Programma di Manutenzione, allegato al presente manuale, andranno eseguite le seguenti operazioni:

- ✓ analisi dello storico degli allarmi per valutare il corretto funzionamento di tutto il sistema;
- ✓ controllo integrità meccanica di protezione dell'unità di elaborazione sistemato in armadio nella nicchia in galleria (polvere e acqua);
- ✓ controllo serraggio viti morsetti;
- ✓ controllo connessioni fibra ottica;
- ✓ controllo serraggio componenti;
- ✓ verifica della corretta acquisizione dei dati di campo;
- ✓ verifica del corretto funzionamento della rete di campo;
- ✓ verifica funzionamento di ogni singolo ingresso e di ogni singola uscita dei PLC;
- ✓ verifica funzionamento utilizzando le pulsantiere esterne per i VVF;
- ✓ verifica intervento sicurezze (interruttori termici, magnetici, ecc.);
- ✓ controllo analitico (zero e linearità);
- ✓ ricalibrazione;
- ✓ aggiornamento delle tabelle riassuntive di tutti gli anemometri comprensivo di attività svolte sul singolo anemometro, con numero di serie e collocazione.

4.3.2 Condotti di ventilazione e serrande

Con una frequenza semestrale, andranno eseguite le seguenti operazioni:

- ✓ smontaggio delle griglia di accesso;



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.MO.05.53 - Rev.1.0
Manutenzione ordinaria degli Impianti Tecnologici

- ✓ pulizia manuale con uso di prodotti sgrassanti e a mezzo di aria compressa del condotto e degli organi meccanici;
- ✓ controllo con chiave dinamometrica dei tiranti e dei relativi bulloni di ancoraggio della mensola alla calotta della galleria o al basamento;
- ✓ controllo dei bulloni di aggancio della serranda al castello;
- ✓ controllo del funzionamento elettromeccanico dell'attuatore della serranda;
- ✓ ingrassaggio dei cuscinetti con grasso filante;
- ✓ verifica di tutta la bulloneria;
- ✓ verifica spostamento antivibranti;
- ✓ controllo dei tasselli di fissaggio degli ancoraggi della catena alla calotta della galleria e dei relativi tiranti;
- ✓ prove di funzionamento della serranda



4.4 Impianto di illuminazione

4.4.1 Generalità

Le prestazioni attese dall'impianto di illuminazione sono quelle relative al mantenimento dell'illuminazione sulle carreggiate in itinere, negli svincoli e in galleria entro i valori di norma.

I controlli da eseguire durante l'esercizio dell'impianto sono quelli necessari a verificare che il valore di illuminazione di consegna/progetto sia stato raggiunto e si mantenga inalterato nel tempo. A tal fine l'Impresa dovrà predisporre apposita relazione annuale in cui sia descritto il sistema di illuminazione e misurati i valori di luminanza sul piano stradale per l'uso dell'impianto di illuminazione in termini di esercizio stradale e qualora presente, dell'impianto di evacuazione pedonale.

La manutenzione degli impianti d'illuminazione comprende i seguenti interventi:

- ✓ ricambio a programma delle lampade (ad esclusione delle lampade a LED);
- ✓ ricambio saltuario delle lampade (ad esclusione delle lampade a LED);
- ✓ pulizia degli apparecchi illuminanti;
- ✓ controllo dello stato di conservazione dell'impianto;
- ✓ riparazione guasti.

4.4.2 Ricambio a programma

Il ricambio a programma delle lampade consiste nella sostituzione delle lampade di un'intera canna (o di uno o più tratti di strada, dopo un numero di ore di funzionamento prefissato). In ogni caso al raggiungimento di max 1% di fuori uso di lampade le stesse dovranno immediatamente essere sostituite con lampade nuove dello stesso tipo e potenza di quelle in opera.

Le operazioni di manutenzione ordinaria sono le seguenti:

- ✓ verifica annuale del dispositivo di fissaggio corpi illuminanti;
- ✓ cambio lampada max ogni 10.000 h di funzionamento;
- ✓ ad ogni cambio lampada va controllato lo stato condensatore;
- ✓ ogni due cambi di lampada va sostituito l'accenditore;
- ✓ ad ogni cambio lampada va controllato lo stato della guarnizione;
- ✓ ad ogni cambio lampada va controllato lo stato del fusibile.

4.4.3 Ricambio saltuario

Consiste nella sostituzione delle lampade che, tra un ricambio a programma ed il successivo si sono guastate o che, comunque si sono rivelate difettose.



4.4.4 Pulizia degli apparecchi illuminanti

La pulizia riguarda le parti ottiche degli apparecchi(riflettori, diffusori, parti vetrate, ecc) ed è eseguita ad intervalli periodici, in genere contestuali al ricambio a programma; deve, però essere eseguita anche in occasione dei ricambi saltuari. Per la pulizia si devono impiegare materiali che , in nessun modo, alterino o rovinino le parti ottiche.

4.4.5 Controllo dello stato di conservazione dell'impianto

In occasione di ogni accesso all'impianto (ricambio a programma, saltuario, pulizia, riparazione guasti, ecc.) si deve eseguire un esame a vista dello stato di conservazione dell'impianto, effettuando, con le attrezzature disponibili sul luogo di lavoro, i piccoli interventi che si rendessero necessari e quelli tesi ad eliminare eventuali situazioni di pericolo grave ed imminente.

Le altre anomalie riscontrate, richiedenti interventi più consistenti, vanno segnalate.

Tra le anomalie riscontrabili dall'esame a vista si evidenziano le seguenti:

- ✓ sostegni in precarie condizioni di stabilità, a causa di urti, incidenti ecc.;
- ✓ apparecchi illuminanti rotti, con parti mancanti, fissati in modo precario al sostegno o, comunque, difettosi;
- ✓ numerazione dell'apparecchio assente o illeggibile;
- ✓ cavi danneggiati;
- ✓ prese e spine danneggiate.

4.4.6 Riparazione guasti

Le linee elettriche che alimentano i centri luminosi sono solitamente in BT mono/trifase 400-230V 50Hz,e possono essere oggetto di guasti di vario genere che si riflettono sul funzionamento dell'impianto.

Gli interventi devono sempre essere eseguiti applicando le relative misure di sicurezza; in particolare, gli interventi su elementi in tensione ricadono nella normativa dei "lavori elettrici".

Gli interventi immediati di rimessa in servizio degli impianti d'illuminazione in presenza di un guasto devono essere sempre valutati con attenzione e considerati provvisori, provvedendo successivamente, ma con tempestività, ad effettuare la riparazione definitiva.

In tutti i casi in cui non è stato individuato con certezza il guasto, si deve tenere sotto controllo l'impianto nei giorni successivi.

Le principali operazioni da eseguire sono:

- ✓ verifica diurna e notturna, con cadenza mensile, per controllo del regolare funzionamento



- di tutti gli apparecchi illuminanti;
- ✓ prova di sgancio, con cadenza semestrale, degli interruttori magnetotermici e differenziali a protezione dei vari circuiti;
 - ✓ verifica, con cadenza trimestrale, dell'assorbimento di energia elettrica da parte dell'impianto in funzione dell'effettivo carico e dei consumi rilevati dai contatori dell'Ente fornitore con eventuale adeguamento dell'impegno di potenza contrattuale, il controllo del fattore di potenza per evitare addebiti;
 - ✓ per l'illuminazione esterna va verificata della perpendicolarità del palo ed eventuale riposizionamento;
 - ✓ per l'illuminazione esterna ogni due anni deve essere verificata la eventuale presenza di ruggine o danneggiamenti della protezione del palo;
 - ✓ verifica delle vie cavi ad evitare che in caso di danneggiamento dei pozzetti possano penetrare nei tubi roditori ed altri animali.

4.4.7 Anomalie funzionali

Le anomalie riscontrabili possono essere:

- ✓ mancata accensione dei vari circuiti dovuta al difettoso funzionamento del luminanzometro (o del crepuscolare) o allo sgancio dell'interruttore dei circuiti principali o ausiliari;
- ✓ mancanza della regolazione di tensione dovuto all'intervento del by-pass a causa di guasti sui circuiti del variatore;
- ✓ mancata accensione di un circuito di illuminazione dovuta all'apertura dell'interruttore magnetotermico e differenziale o al malfunzionamento del contattore di potenza;
- ✓ accensione, nel caso delle gallerie, dei soli circuiti permanenti per la mancanza di alimentazione da parte dell'Ente fornitore e la conseguente alimentazione da batterie UPS.

Da considerare che nel rispetto della Norma UNI 11095, metà dei circuiti "permanenti" sono sottesi all'alimentazione di continuità (UPS) e pertanto anche in mancanza di rete questo sistema sarà sempre alimentato.

4.5 Segnaletica luminosa

Con la frequenza indicata nel Programma di Manutenzione, allegato al presente manuale, andranno eseguite le seguenti operazioni:

- ✓ controllo visivo dei collegamenti elettrici;
- ✓ controllo accensione/spengimento;
- ✓ verifica visiva del corretto fissaggio in galleria;
- ✓ controllo integrità meccanica di protezione dell'unità ;



- ✓ pulizia pannello segnaletico.

4.6 Pannelli messaggio variabile (PMV)

Con la frequenza indicata nel Programma di Manutenzione, allegato al presente manuale, andranno eseguite le seguenti operazioni:

- ✓ controllo visivo dei collegamenti elettrici;
- ✓ verifica visiva del corretto fissaggio;
- ✓ controllo integrità meccanica di protezione dell'unità;
- ✓ verifica accensione LED;
- ✓ test dei segnali di interfaccia verso la supervisione;
- ✓ verifica visiva delle strutture di sostegno;
- ✓ Verifica collegamento con centro remoto.

4.7 Semafori

Con la frequenza indicata nel Programma di Manutenzione, allegato al presente manuale, andranno eseguite le seguenti operazioni:

- ✓ controllo visivo dei collegamenti elettrici;
- ✓ controllo accensione/spegnimento;
- ✓ verifica visiva del corretto fissaggio in galleria;
- ✓ controllo integrità meccanica di protezione dell'unità;
- ✓ pulizia pannello segnaletico.



4.8 Sistema SOS

Con la frequenza indicata nel Programma di Manutenzione, allegato al presente manuale, andranno eseguite le seguenti operazioni:

- ✓ verifica presenza estintori (solo in galleria);
- ✓ verifica presenza MANICHETTA UNI 45 (solo in galleria);
- ✓ verifica integrità SAFE CRASH (solo in galleria);
- ✓ verifica funzionalità contatti segnalazione pulsanti premuti;
- ✓ verifica funzionalità lampada vano estintori (solo in galleria);
- ✓ verifica funzionalità segnalatore acustico qualora presente;
- ✓ verifica funzionalità segnalatore ottico qualora presente;
- ✓ verifica di intelligibilità sonora;
- ✓ verifica funzionalità chiamata POLIZIA STRADALE;
- ✓ verifica funzionalità chiamata SOCCORSO SANITARIO;
- ✓ verifica funzionalità chiamata VVFF;
- ✓ verifica funzionalità chiamata SOCCORSO STRADALE.

Le prove di funzionalità del sistema di chiamata sono da effettuarsi con il centro di risposta in sala controllo e/o con gli enti interessati.



4.9 Impianto radar traffico

Ciascuna galleria o tratta stradale può essere dotata di detector per la classificazione e il conteggio dei veicoli in tripla tecnologia ovvero :

- ✓ radar DOPPLER;
- ✓ ultrasuoni;
- ✓ infrarossi.

Il sensore combinando al suo interno i segnali provenienti dalle "tre tecniche" di rilevazione permette un'accurata classificazione e misura della velocità dei veicoli che transitano nel raggio di azione del detector.

Ogni sensore, posto in corrispondenza dell'imbocco di ciascun fornice, è connesso alla Rete Lan per interfacciarsi e trasmette i dati relativi al traffico al PC di gestione. Il PC di gestione fornirà tutti i dati relativi al traffico al server presso il centro di controllo locale.

I dati così elaborati saranno trasmessi, per mezzo della rete di backbone di asse viario, alla SOC dove sono processati e valutati per attivare eventuali procedure, quali ad esempio la segnalazione di traffico congestionato ed accensioni di luce rossa del semaforo.

Con la frequenza indicata nel Programma di Manutenzione, allegato al presente manuale, andranno eseguite le seguenti operazioni:

- ✓ pulizia degli strumenti;
- ✓ controllo del corretto funzionamento;
- ✓ controllo della corretta attestazione dei cavi di collegamento;
- ✓ sostituzione delle parti guaste o avariate.

4.10 Impianto radio

Con la frequenza indicata nel Programma di Manutenzione, allegato al presente manuale, andranno eseguite le seguenti operazioni:

- ✓ verifica del corretto funzionamento dell'impianto;
- ✓ controllo visivo del corretto fissaggio del cavo alla volta della galleria;
- ✓ controllo del corretto funzionamento;
- ✓ test e autotest sulle apparecchiature in cabina

4.11 Impianto TVCC

In galleria può essere presente un sistema di videosorveglianza costituito da telecamere.

Le telecamere possono effettuare un controllo oltre che del traffico in ingresso alle gallerie, anche in prossimità dei luoghi sicuri in caso di emergenza.



Le seguenti prescrizioni sono da intendersi anche per telecamere in itinere.

Con la frequenza indicata nel Programma di Manutenzione, allegato al presente manuale, andranno eseguite le seguenti operazioni:

- ✓ verifica del regolare funzionamento di ogni apparato;
- ✓ verifica del corretto campo visivo con ripristino della inquadratura ottimale;
- ✓ pulizia della telecamera e in particolare del gruppo ottico;
- ✓ controllo visivo dei collegamenti elettrici e dello stato dei cavi;
- ✓ verifica visiva del corretto fissaggio ed orientamento in galleria;
- ✓ verifica e pulizia degli armadi dei concentratori video;
- ✓ verifica e pulizia degli armadi degli apparati di videoregistrazione;
- ✓ verifica del corretto funzionamento degli apparati di videoregistrazione;
- ✓ controllo integrità meccanica di protezione degli apparati;
- ✓ Verifica collegamento con centro remoto.

4.12 Impianto rilevamento incendio

Con la frequenza indicata nel Programma di Manutenzione, allegato al presente manuale, andranno eseguite le seguenti operazioni:

- ✓ controllo visivo dei collegamenti elettrici;
- ✓ verifica visiva del corretto fissaggio in galleria;
- ✓ verifica della trasmissione sull'intera lunghezza del cavo attraverso la centrale di controllo;
- ✓ verifica programmazione della centrale di controllo e rispondenza zone di allarme;
- ✓ test dei segnali di interfaccia verso la supervisione;
- ✓ prove manuali in galleria del corretto funzionamento.

4.13 Sistema di supervisione ed automazione

Da effettuarsi sulle workstation posizionate in campo e al Centro di Controllo settimanalmente:

- ✓ verifica funzionalità integrale con il campo;
- ✓ verifica congruenza lettura locale / supervisione;
- ✓ scansione completa pagine grafiche;
- ✓ accesso ai vari stadi (password);
- ✓ controllo carico disco fisso;
- ✓ verifica delle anomalie e della diagnostica;
- ✓ scarico dati (archivio storico) su CD Rom e archiviazione.



4.14 Gruppi elettrogeni

4.14.1 Generalità

La manutenzione dovrà essere eseguita con personale specializzato, munito di tutta l'attrezzatura e la strumentazione occorrenti per l'accurata esecuzione dei controlli ed il tempestivo intervento di manutenzione ordinaria e straordinaria che dovrà essere eseguito a regola d'arte.

4.14.2 Controlli ed interventi da eseguirsi con cadenza trimestrale

Con cadenza trimestrale dovranno essere eseguite le seguenti operazioni:

- ✓ avviamento di prova del motore;
- ✓ verifica del livello dell'olio ed eventuale rabbocco;
- ✓ verifica livello liquido raffreddamento ed eventuale rabbocco;
- ✓ controllo livello elettroliti e stato di carica della batteria;
- ✓ controllo ed eventuale pulizia dei filtri dell'aria a secco (controllo indicatore intasamento) avendo cura di svuotare la vaschetta del filtro qualora lo stesso sia sprovvisto di valvola d'evacuazione automatica della polvere;
- ✓ controllo ed eventuale pulizia dei filtri d'aria a bagno d'olio;
- ✓ controllo della tensione della cinghia del ventilatore;
- ✓ controllo del livello del gasolio;
- ✓ controllo del filtro del gasolio;
- ✓ sostituzione delle eventuali parti guaste.

Tutte le operazioni di verifica, controllo, manutenzione, regolazione e riparazione dovranno essere effettuate con il gruppo in posizione di BLOCCO (OFF).

Al termine della sopra citata procedura il sistema di funzionamento dovrà essere riportato in modo AUTOMATICO.

4.14.3 Operazioni di manutenzione programmata.

Con la frequenza indicata nel Programma di Manutenzione, allegato al presente manuale, andranno eseguite le seguenti operazioni:

- ✓ Sostituzione olio motore e filtri olio;
- ✓ in occasione d'installazione di nuove macchine la sostituzione dell'olio e del relativo filtro dovrà essere eseguita dopo le prime 50 (cinquanta) ore di funzionamento o comunque alla scadenza di anni uno dall'attivazione e successivamente ogni 150 (centocinquanta) ore circa di funzionamento;
- ✓ sostituzione del liquido di raffreddamento;



- ✓ sostituzione del filtro gasolio;
- ✓ sostituzione degli elementi filtranti sia a secco che in bagno d'olio;
- ✓ controllo ed eventuale riparazione e/o taratura dell'apparato d'iniezione (pompa, iniettori, polverizzatori);
- ✓ controllo ed eventuale taratura del gioco tra valvole e bilancieri;
- ✓ controllo ed eventuale taratura del gioco assiale e radiale dell'albero della girante del turbo compressore, nei motori che ne sono provvisti;
- ✓ verifica collettore e spazzole del motorino d'avviamento;
- ✓ verifica delle spazzole dell'alternatore e lubrificazione dei cuscinetti.

L'esecuzione di eventuali rabbocchi, di cui si ravvisasse la necessità, in sede di verifica trimestrale, dovrà essere eseguita con oli di eguale gradazione. L'olio deve essere fornito dall'Impresa e deve essere di qualità rispondente alle specifiche del costruttore.

Tutte le operazioni di verifica, controllo, manutenzione, regolazione e riparazione dovranno essere effettuate con il gruppo in posizione di BLOCCO (OFF).

Al termine della sopra citata procedura il sistema di funzionamento dovrà essere riportato in modo AUTOMATICO.

4.14.4 UPS

Con la frequenza indicata nel Programma di Manutenzione, allegato al presente manuale, andranno eseguite le seguenti operazioni:

- ✓ controllo visuale, pulizia dell'armadio;
- ✓ verifica tensione raddrizzatore e limitazione corrente;
- ✓ controllo allarmi mediante simulazione;
- ✓ controllo funzioni UPS e prove di commutazione rete-inverter e inverter-rete;
- ✓ controllo impianto con carico e commutazioni per verificare eventuali oscillazioni e tolleranze;
- ✓ controllo delle autonomie delle batterie;
- ✓ taratura;
- ✓ mantenimento dell'impianto nelle condizioni di rispondenza alle norme vigenti all'atto dell'affidamento del servizio;
- ✓ carica a fondo delle batterie secondo le indicazioni del Costruttore;
- ✓ Verifica delle anomalie e della diagnostica.
- ✓

4.15 Trasformatori

Una accurata ispezione della macchina durante il funzionamento assicura una buona prevenzione per i guasti e una più lunga vita alla macchina. Per questo motivo, almeno una volta



ogni anno si dovrà:

- ✓ pulire le colonne degli avvolgimenti MT/BT inglobate in resina utilizzando aria compressa secca;
- ✓ verificare la temperatura degli avvolgimenti utilizzando la centralina termometrica installata;
- ✓ controllare e pulire gli isolatori, serraggio dadi e collegamenti di terra;
- ✓ controllare la carpenteria metallica e se necessario, previa spazzolatura, ripristinare l'antiruggine e la vernice di finitura;
- ✓ controllare gli scaricatori di MT installati in corrispondenza dei terminali lato MT dei trasformatori di potenza.

Tabella indicativa sulle principali operazioni di manutenzione e verifica

Controllo da effettuare	Periodicità del controllo	Strumento da utilizzare	Risultato da ottenere	Note
Funzionalità termosonde Pt 100 Controllo temperatura	Annuale e/o in caso di necessità	Tester	Continuità elettrica	
Centralina controllo temperatura avvolgimenti	Mensile e/o dopo eventi eccezionali	--	Verifica funzionamento come da istruzioni d'uso	
Pulizia da polveri, depositi da sporco, eventuali corpi estranei sugli avvolgimenti	Semestrale e/o in occasione di eventuali fermate	Aria compressa secca a bassa pressione (max 3 bar) e stracci asciutti e puliti	Assenza di occlusioni, sporcizia nei canali di raffreddamento degli avvolgimenti MT e BT	
Condense depositate sugli avvolgimenti	Dopo una sosta del trasformatore	Forno e/o metodo di riscaldamento in corto circuito	Essiccazione a circa 80°C	
Bulloneria dei collegamenti a stella/triangolo e terminali MT / BT	Annuale e/o in caso di necessità	Chiave dinamometrica	Coppia di serraggio come da manuale d'istruzione del Costruttore	
Controllo isolamento degli avvolgimenti tra loro e verso massa	Dopo una sosta del trasformatore	Mega ohmetro (tipo Megger) con tensione superiore a 1000 V	Secondo indicazioni del Costruttore	Indicativamente: BT - Massa BT e MT MT e massa ≥ 20 Mohm
Controllo centratura avvolgimenti MT /BT su nucleo magnetico	Dopo eventi eccezionali (urto accidentale, c.to c.to)	metro	Centratura geometrica degli avvolgimento	
Controllo piastre di registro blocchetti di sospensione	Annuale e/o dopo eventi eccezionali	Chiave dinamometrica	Coppia di serraggio come da indicazioni del Costruttore	Indicativamente Coppia da 20 a 40 Nm



4.16 Distribuzione elettrica

4.16.1 Quadri elettrici di BT

Si riportano le operazioni principali di manutenzione sui quadri elettrici di bt con le relative frequenze di intervento indicate sul programma di manutenzione allegato:

Attività	Descrizione intervento
Controllo visivo	Eseguire il controllo visivo esterno per verificare l'integrità dell'apparecchiatura
	Ove accessibili, eseguire il controllo visivo delle condutture di alimentazione
Quadro	Eseguire la pulizia interna ed esterna
	Controllare lo stato di conservazione delle strutture di protezione contro i contatti diretti (portelle, schermi metallici, plexiglass)
	Controllare, per i quadri principali, il serraggio dei bulloni e pulire le connessioni
	Verificare la continuità dei conduttori di messa a terra delle strutture metalliche (quadri, portelle, schermi e reti di protezione) e dalle apparecchiature installate
	Sostituire i morsetti e i conduttori deteriorati
	Verificare l'efficienza dei dispositivi di blocco, (serrature di sicurezza, fine corsa, ove presenti, ecc) che impediscono l'accesso alle parti in tensione
	Verificare l'efficienza delle resistenze anticondensa, ove presenti, e dei termostati se le resistenze non sono del tipo autoregolanti
	Verificare l'efficienza dell'illuminazione interna al quadro, ove presente
	Verificare il serraggio delle connessioni di potenza
	Verificare i contatti principali fissi (sul quadro) degli interruttori estraibili, ove presenti, eliminando con tela smeriglio fine eventuali ossidazioni e perlature e proteggere con leggero strato di vaselina neutra
	Controllare ed eventualmente sostituire le guarnizioni delle porte
Controllo componenti di potenza	Eseguire la pulizia dei componenti soffiando aria secca a bassa pressione e usando stracci puliti e asciutti
	Per i quadri principali di potenza (Power-Center) - Smontare le camere d'estinzione, ove presenti, pulire ed eseguire una verifica visiva dell'integrità; rimontarle perfettamente alloggiare nelle loro sedi (riferirsi anche al manuale del Costruttore)
	Per i quadri principali di potenza (Power-Center) - Controllare lo stato d'usura dei contatti fissi, mobili e spegniarco (ove esistenti), avendo cura di eliminare ossidazioni, bruciature o perlature usando tela smeriglio fine e antiossidante; in caso di bruciature o perlature prossime ad uno stato di usura di circa il 50% è consigliabile la sostituzione dei contatti fissi e mobili (riferirsi anche al manuale del Costruttore)
	Verificare che i setti di separazione tra le fasi siano integri e fissati
	Verificare l'efficienza della bobina d'apertura ed il suo ancoraggio e che non presenti segni di surriscaldamento. Per gli interruttori motorizzati verificare il sistema caricamolle, la bobina di chiusura e d'apertura
	Verificare l'efficienza dei contatti ausiliari
	Controllare lo stato di conservazione dei conduttori elettrici
	Eseguire il serraggio dei morsetti
Effettuare qualche manovra e verificare con il tester l'effettivo stato dei circuiti di potenza (Aperto/chiuso) e delle bobine (eccitata/diseccitata)	
Verifica protezioni	Effettuare il controllo visivo del buono stato di conservazione delle protezioni (fusibili, relè termici, interruttori Automatici)



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.MO.05.53 - Rev.1.0
Manutenzione ordinaria degli Impianti Tecnologici

	Per i fusibili verificare le caratteristiche elettriche di progetto
	Per i relè verificare la taratura di sovraccarico di progetto
	Per gli interruttori automatici verificare la taratura e le caratteristiche elettriche di progetto
	Per le protezioni di tipo indiretto, ove presenti, verificare il corretto intervento delle protezioni di massima corrente e di terra utilizzando l'apposita strumentazione
	Prima della messa in tensione verificare che i circuiti amperometrici siano chiusi
	Per i relè e gli interruttori con sganciatore differenziali verificare il corretto intervento utilizzando l'apposita strumentazione

Verifica ausiliari elettrici	Controllare il serraggio dei collegamenti elettrici dei circuiti ausiliari
	Controllare l'integrità degli interruttori verificandone con il tester l'effettiva apertura e chiusura
	Controllare l'integrità, la funzionalità e l'efficienza dei commutatori, pulsanti, lampade, ecc. verificando che vengano abilitati i circuiti previsti a progetto
	Controllare l'integrità e la funzionalità degli strumenti di misura agendo sui commutatori di tensione, per i voltmetri e sulla variazione di carico per gli amperometri
	Verificare l'efficienza delle apparecchiature aux alimentandole e disalimentandole, ove possibile, o effettuando la verifica con il tester



4.16.2 Quadri rifasamento automatico

Condensatori	Eeguire il controllo visivo esterno per verificare l'integrità dell'apparecchiatura
	Eliminare la polvere dai condensatori e dalle resistenze di scarica
	Verificare lo stato dei collegamenti elettrici, degli isolatori e dei morsetti
	Verificare il serraggio dei collegamenti
	Proteggere i morsetti con prodotti specifici
	Verificare lo stato delle eventuali cuffie di protezione
Verifica elettrici	aux
	Posizionare il selettore Aut - Man in MAN controllare l'integrità, la funzionalità e l'efficienza dei contattori d'inserimento delle batterie di condensatori, verificando che, agendo su questi, vengano inseriti i gradini previsti
	Verificare le lampade di segnalazione
	Posizionare il selettore Aut - Man in AUT e verificare l'integrità e l'efficienza della centralina di regolazione agendo sul set-point del f.d.p.
	Verificare che il fattore di potenza rientri nei parametri impostati senza esitazioni e pendolamenti
Verificare l'efficienza delle apparecchiature aux (ad es. contattori, relè, ecc.) alimentandole e disalimentandole, ove possibile, o effettuando la verifica strumentale	



4.16.3 Quadri MT

Con la frequenza indicata nel Programma di Manutenzione, allegato al presente manuale, andranno eseguite le seguenti operazioni:

- ✓ Controllo a vista dei quadri e delle apparecchiature
- ✓ Controllo del corretto funzionamento degli strumenti e delle segnalazioni
- ✓ Verifica dello stato di conservazione delle carpenterie
- ✓ Pulizia fronte quadro
- ✓ Verifica anomalie e diagnostica

4.16.4 Impianti speciali di cabina

In particolare sono oggetto della presente i seguenti impianti localizzati in cabina elettrica :

- ✓ Rilevamento fumo e anti-intrusione in cabina;
- ✓ Rilevazione incendio in galleria;
- ✓ gruppo soccorritore di cabina (UPS).

Ogni sistema in esercizio deve essere sottoposto almeno due volte l'anno, con intervallo non minore di 5 mesi, ad un'ispezione allo scopo di verificarne lo stato d'efficienza.

L'accertamento deve essere formalizzato nell'apposto registro ed eventualmente mediante certificato di ispezione evidenziando, in particolare:

- ✓ le eventuali variazioni riscontrate, sia nel sistema sia nell'area sorvegliata, rispetto alla situazione dell'ultima verifica precedente;
- ✓ le eventuali deficienze riscontrate.

Dopo ogni guasto o intervento dei sistemi si dovrà:

- ✓ provvedere alla sostituzione tempestiva degli eventuali componenti danneggiati;
- ✓ fare eseguire, in caso d'incendio, un accurato controllo dell'intera installazione al fornitore incaricandolo, nel contempo, di ripristinare la situazione originale, qualora fosse stata alterata;
- ✓ ripristinare i mezzi d'estinzione utilizzati.

Le modalità riguardanti le prove e la manutenzione del sistema rivelazione incendio sono quelle riportate al capitolo 9 della Norma UNI 9795.



4.17 Impianti fotovoltaici

La manutenzione ordinaria consiste nelle operazioni per la perfetta conservazione dell'impianto FV e alla verifica del loro regolare funzionamento nel corso del tempo e consta delle seguenti attività da prevedersi almeno semestralmente:

Ispezione visiva dell'impianto finalizzata:

- al controllo e alla rimozione della sporcizia superiore alla media (polline, foglie ed escrementi di uccelli);
- al controllo e alla rimozione della sporcizia negli angoli dei telai che ombreggi le celle;
- alla rilevazione dell'eventuale danneggiamento dei moduli o della struttura di sostegno;
- al controllo ed eventuale serraggio delle bullonerie di ancoraggio dei moduli fotovoltaici alla struttura e di questa alla sottostruttura;
- al controllo e intervento per ovviare a vizi palesi relativi al cablaggio elettrico, quali, ad es. sistemazione di cavi "ciondolanti", ovvero sostituzione di cavi strappati o comunque deteriorati;
- alla verifica delle parti elettriche (cavi, connettori, quadri di campo, inverter e dispositivo di interfaccia);
- alla verifica del funzionamento dei display degli inverter;

Ispezione strumentale dell'impianto fotovoltaico finalizzata:

- alla verifica di eventuali anomalie quali, ad esempio, hotspot e danneggiamento celle, mediante controllo con termocamera a infrarossi dei moduli FV;
- alla verifica delle parti elettriche (cavi, connettori, quadri di campo, inverter e dispositivo di interfaccia);
- alla effettuazione di prove di funzionamento degli interruttori di protezione;
- alla verifica della sussistenza della continuità elettrica.



4.18 Impianti antintrusione, evacuazione e rivelazione incendi

Impianti allarme intrusione (cadenza semestrale)

Nelle visite programmate vengono eseguiti i seguenti controlli :

1. verifica della corretta alimentazione di rete;
2. verifica della corretta alimentazione delle apparecchiature in campo;
3. verifica dello stato di carica delle batterie tampone della centrale, dell' alimentatore supplementare e della sirena autoalimentata esterna;
4. verifica del corretto funzionamento di tutti i sensori presenti in ogni impianto;
5. verifica dello stato di funzionamento del combinatore telefonico generando lo stato di allarme del sistema e l'invio del messaggio vocale alla centrale operativa del corpo di vigilanza interna o esterna;
6. verifica della presenza di linea telefonica fissa o linea GSM o linea dati aziendale;
7. verifica dell'attivazione della sirena interna ed esterna a seguito di simulazione di impianto in allarme intrusione;

Impianti di segnalazione allarme incendio (cadenza norme di legge)

Nelle visite programmate vengono eseguiti i seguenti controlli :

1. verifica della corretta alimentazione di rete;
2. verifica della corretta alimentazione delle apparecchiature in campo;
3. verifica dello stato delle batterie;
4. verifica dei contatti e delle connessioni elettriche;
5. verifica e controllo delle programmazioni (centrale di sistema, avvisatori automatici, ecc.);
6. verifica della capacità di rivelazione dei sensori;
7. verifica della funzionalità dei vari attuatori e segnalatori di allarme (sirene, luci, sgancio porte, avvisatori telefonici, pulsanti, ecc.);
8. segnalazione di eventuali anomalie o interventi straordinari consigliati per garantire il corretto funzionamento del sistema di sicurezza;
9. pulizia totale delle camere di analisi dei sensori di fumo, fiamme, gas, calore, ecc. con cadenza semestrale;
10. compilazione del registro Stato impianto riportando modifiche eseguite, stato dell'impianto, data e firma sul registro delle manutenzioni degli impianti di rilevazione e segnalazione d'incendio.



Impianti di evacuazione (cadenza semestrale)

1. verifica della corretta alimentazione di rete;
2. verifica della corretta alimentazione delle apparecchiature in campo;
3. verifica dello stato delle batterie;
4. verifica dei contatti e delle connessioni elettriche;
5. verifica e controllo delle programmazioni (centrale di sistema, avvisatori automatici, ecc.);
6. verifica della funzionalità dei vari attuatori e segnalatori di allarme (sirene, luci, sgancio porte, avvisatori telefonici, pulsanti, ecc.);
7. verifica della segnalazione di eventuali anomalie o interventi straordinari consigliati per garantire il corretto funzionamento del sistema di sicurezza;
8. compilazione del registro Stato impianto riportando modifiche eseguite, stato dell'impianto, data e firma sul registro delle manutenzioni.



4.19 Impianti nei bypass pedonali, carrabili e nei cunicoli e percorsi di emergenza

Nei bypass pedonali, carrabili e nei cunicoli e percorsi di emergenza di una galleria possono essere installati i seguenti impianti e/o sistemi:

- SOS
- Pannelli a Messaggio Variabile
- Diffusione sonora
- Sovrappressione mediante inverter retroazionata
- Sistemi meccanici di taglio della pressione
- Quadri elettrici
- UPS
- Illuminazione ordinaria e di sicurezza
- Portoni motorizzati

A meno di frequenze di manutenzione maggiori per i singoli sistemi mantenuti secondo le schede di questo Capitolato, i sopraelencati impianti dovranno essere verificati trimestralmente.

In particolare dovranno essere effettuati test di intelligibilità della diffusione sonora e del perfetto collegamento dei sistemi SOS al centro remoto ovvero verso gli enti esterni dell'Emergenza.

Dovranno essere verificate le perfette tenute delle porte REI di compartimentazione di tutti i locali e verificata la sovrappressione mediante misura strumentale. Dovranno altresì ispezionate a vista tutte le serrande tagliafuoco e taglia pressione.



4.20 Impianti di trasmissione dati in fibra ottica

La dorsale in fibra ottica costituisce l'infrastruttura di base sulla quale è costruito un sistema di supervisione, gestione e controllo di una intera tratta stradale o galleria.

Si tratta di una dorsale in fibra ottica monomodale, costituita effettivamente da due cavi a due fibre (i moduli Gigabit degli switch ethernet necessitano di una fibra Rx ed una Tx), posizionati ai lati della strada, o, nelle gallerie.

La notevole lunghezza delle reti ethernet impongono l'utilizzo di fibre monomodali di buona qualità.

La linea in f.o. di dorsale, è normalmente disposta e collegata in modo da realizzare un anello, con un cavo in fibra ottica mono-modali 9/125, armato antiroditoro.

La dorsale verrà posata entro i cavidotti esistenti ricavati sui fianchi delle gallerie o lungo strada e verrà collocata nella posizione più bassa per favorire un raggio di curvatura minimo pari a 200 mm., in corrispondenza delle curve in piazzola, e/o camerini, e/o tratti all'aperto.

Ogni singola pezzatura di cavo termina e/o inizia negli armadi CT, posizionati in genere nelle cabine; negli armadi il cavo viene sfioccato adeguatamente ed intestato sui cassettei per fibre previsti. Il collegamento di quattro di queste fibre agli switch ethernet (alloggiato nello stesso armadio) viene realizzato mediante delle bretelle preconnettorizzate SC.

Solo quattro fibre vengono effettivamente utilizzate per la rete ethernet ad 1 Gbps (e possibilmente due per ogni cavo, in modo da massimizzarne l'affidabilità); le restanti fibre restano a disposizione per eventuali utilizzi futuri.

4.20.1 Cavo in fibra ottica

Si prevede l'impiego di un cavo ottico armato antiroditoro, per applicazioni da interno ed esterno, adatto per l'utilizzo in ambienti gravosi, protetto contro l'acqua, con tubetto di acciaio inox e guaina halogen free, avente le seguenti caratteristiche ottiche e meccaniche.

- o numero di fibre: 8;
- o normative: IEC 60794-1;
- o diametro del cavo: 6,5 mm;
- o peso: 50 Kg/Km;
- o minimo raggio di curvatura: 10 x d (in installazione)
- o 15 x d (a riposo);
- o max. trazione: 1500 N;
- o schiacciamento: 5000 N/10cm;
- o temperatura: -40 + 80 °C (in utilizzo);
-25 + 70 °C (magazzino);



0 + 50 °C (installazione).

4.20.2 Cassetto per fibre ottiche

I due cavi in f.o. arrivano direttamente negli armadi CT (CT Master, CT e CT Box), e più esattamente nei cassette ottici. Qui i cavi vengono sfioccati, singolarizzati, protetti uno ad uno ed attestati sulle bussole SC posizionate sul pannello frontale.

Il cassetto ottico è un rack 19" 1U, con il frontale predisposto per 24 bussole SC.

I cassette ottici sono completi degli accessori necessari per l'esecuzione di una corretta installazione:

- vassoi portagiunti;
- pannelli di distribuzione;
- piastre portabussole;
- bussole ottiche SM a standard SC;
- ecc.

4.20.3 Bretelle in fibra ottica

Per effettuare le connessioni tra il cassetto ottico e lo switch ethernet sono previste apposite bretelle in fibra ottica, con fibra monomodale 9/125 micron, con connettori SC, con guaina esterna idonea alla protezione meccanica della fibra. Per gli armadi tipo CT Box sono necessarie bretelle da 1 metro mentre per gli armadi più grandi sono di lunghezza da 2 metri



4.21 Impianti pompaggio per sollevamento acqua (anti-allagamento)

La stazione di sollevamento è costituita da:

- idonee griglie in acciaio zincato a caldo in prossimità dei punti di raccolta delle acque di piattaforma al fine di garantire il contenimento di corpi estranei;
- n2. elettropompe di adeguato dimensionamento;
- flange dei "piedi" di accoppiamento;
- tubi guida (due per ciascuna pompa);
- setto/paratia in grigliato metallico zincato a caldo, opportunamente fissato all' interno del pozzo di accumulo delle acque;
- galleggianti in grado di garantire il loro indipendente funzionamento;
- quadro elettrico di comando in classe di isolamento 2a, corredato dei necessari dispositivi di controllo delle apparecchiature, della segnalazione visiva locale degli allarmi (lampeggiatori) e della remotizzazione delle anomalie;
- interruttore differenziale generale a monte dell' impianto;
- interruttori magnetotermici con relè differenziali, da installarsi a bordo quadro, uno per ciascuna pompa, al fine del miglioramento della selettività;
- trasmissione dati mediante modem GSM;
- sistema di rilevamento del livello acque all' interno del pozzo di tipo ridonato;
- segnalazione visiva esterna degli allarmi dell' Impianto;
- linee di alimentazione dal punto di consegna della f.e.m. alla cabina del pozzo di sollevamento acque;



4.22 Impianto a diluvio con schiumogeno

All'interno del locale adibito a centrale di pressurizzazione sono presenti:

- ✓ N.2 Serbatoi di stoccaggio schiumogeno ;
- ✓ N.1 Sistema di miscelazione automatica dello schiumogeno ;;
- ✓ N.1 Set di saracinesche e piping per stazione di miscelazione schiumogeno.

All'interno della galleria, derivati dalla rete idrica principale, saranno installati dei sistemi di mitigazione in grado ciascuno di coprire un tratto di 40 m; ognuno di essi sarà costituito da:

- ✓ n.1 valvola a diluvio di diametro 4" completa di circuito di attuazione e controllo (trim) completo e assemblato, elettrovalvola a solenoide 24vdc IP55, n.2 manometri in acciaio AISI 316, pressostato IP65 per la segnalazione di impianto intervenuto, tubo zincato completo di flange e raccordi per collegamento con rete water;
- ✓ N.1 valvola a farfalla completa di controflange per connessione a rete;
- ✓ N.1 set di cavi, pressacavi e minuterie elettriche per collegamento con scatola di derivazione di campo;
- ✓ N.32 ugelli spray "ips" da 1/2";
- ✓ N.1 set di tubazioni zincate, raccordi e materiale di staffaggio.



4.23 Impianto di spegnimento automatico robotizzato

L'impianto ha una rotaia fissata sulla struttura esistente e su supporti installati in volta per l'intera lunghezza della galleria.

Il sistema prevede i seguenti modi di funzionamento:

- funzionamento automatico;
- funzionamento semiautomatico;
- funzionamento manuale mediante manipolatori.

Il posto di comando e controllo è ubicato nella sala di controllo locale.

La commutazione tra i modi di funzionamento può avvenire tanto localmente che da remoto; tutti i modi sono abilitati.

Il comando manuale locale nel tunnel avviene tramite un comando radio a marsupio.

La struttura fissa per l'alimentazione di acqua e miscela schiumogena antincendio, per l'alimentazione elettrica e di segnale e per il supporto e la guida dei carrelli aerei portamonitori è composta dai seguenti componenti:

- Tubazione di alimentazione acqua e miscela schiumogena antincendio con binario integrato a doppia guida;
- Linea di alimentazione elettrica di sicurezza
- Dorsale di trasmissione in fibra ottica / Bus seriale di trasmissione dati
- Stazioni di attracco
- Carrello porta monitori
- Monitori antincendio a comando elettrico per acqua e schiuma
- Apparati di comando e controllo di potenza e segnale
- Stazione di pompaggio acqua antincendio e di miscelazione schiuma



4.22 Modulo by.pass prefabbricato

Struttura prefabbricata scatolare in acciaio .

La parete che si affaccia sul fornice deve essere realizzata in materiale resistente al fuoco classe REI 120, comprensiva di n.2 porte pedonali, in classe REI 120.

L'interno del modulo deve essere caratterizzato da un vano per il ricovero delle apparecchiature elettriche ubicato tra le due porte REI 120.

Il suddetto vano deve essere occupato da n.2 quadri, uno elettrico per l'alimentazione delle dorsali principali e per le utenze, e un quadro rack per il contenimento delle apparecchiature elettroniche e di comunicazione.

Nella parte superiore dovranno essere installati un ventilatore assiale e relativa serranda tagliafuoco, e gli impianti di videocontrollo, diffusione audio/video e sensori ambientali.

Nello specifico la composizione dei vari sottoimpianti deve essere la seguente:

- -Quadro elettrico in carpenteria standard, con sezione di arrivo e di sicurezza, con all'interno installata e cablata unità PLC con interfaccia ethernet;
- -Quadro rack in esecuzione standard destinato all'alloggiamento della sezione continuità assoluta e della sezione comunicazione (patch panel e switch ethernet);
- -Impianto di ventilazione composto da n.1 ventilatore assiale resistente al fuoco 200°C/120' completo di serranda tagliafuoco motorizzata, flussostato e accessori;
- -Illuminazione di sicurezza realizzata con corpi illuminanti a LED;
- -Selettore manuale per comando ventilazione;
- -Estintore antincendio;
- -Impianto di comunicazione SOS tipo ethernet VoIP dotato di grafica multilingue, interfaccia di chiamata a doppio pulsante, microfono e altoparlante;
- -Impianto diffusione audio/video a circuito chiuso, con sistema di audio diffusione con interfaccia gateway IP e sistema di video con codificatore ethernet e interfaccia su display LCD19";
- -Rilevamento incendio e videocontrollo realizzato con sensore analogico di fumo collegato a centralina di allarme a sua volta collegata al PLC gestionale e sistema di videosorveglianza realizzato con telecamera fissa a colori di tipo IP e collegata allo switch di modulo



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.MO.05.53 - Rev.1.0
Manutenzione ordinaria degli Impianti Tecnologici

COMPARTIMENTO PER LA VIABILITA' DI.....

S.S. n. ..." "

GALLERIA xxx

AL KM

Allegati - Schede piano di manutenzione



5. GENERALITÀ

Il presente documento è riferito alla galleria XXX sita al km Della S.S. "....." gestita dal Compartimento ANAS per la viabilità di

Le allegate schede indicano le attività manutentive occorrenti per conservare un buon livello di servizio della galleria. In esse è indicata la frequenza di effettuazione dell'attività manutentiva con un apposito simbolo (S=Settimanale, M=Mensile, A=Annuale, SEM = semestrale, etc.).

Se nella presente galleria non sono presenti alcuni impianti, come elencato nell'indice delle schede, o non sono applicabili alcune attività, il presente documento deve essere modificato, eliminando le parti non applicabili, adattando in tal modo il piano di manutenzione alla presente galleria.

La squadra operativa che conduce l'attività manutentiva dovrà registrare l'attività effettuata, apponendo data e firma negli appositi spazi delle tabella presente in ciascuna scheda.

Ogni eventuale modifica o revisione del presente documento dovrà essere sottoposta all'approvazione del Responsabile della galleria, e dovrà essere annotata sul frontespizio del documento.

Il Piano di Manutenzione dovrà essere conservato nella cabina elettrica della galleria, oppure, se non vi è luogo o spazio per conservarlo, presso il Capo Cantoniere di riferimento. Con cadenza almeno trimestrale il Piano di Manutenzione dovrà essere condotto e mostrato al Responsabile della galleria, che lo controllerà ed apporrà una firma di verifica sul registro alla pagina seguente del presente documento.

SCHEDE DI MANUTENZIONE

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 0	0 - PULIZIA DELLA GALLERIA		
Galleria _____	0.01	Galleria		

0.01.1	Pulizia del piano viabile	M					
0.01.2	Pulizia dei delineatori e della segnaletica	T					
0.01.3	Lavaggio delle pareti	SEM					
0.01.4	Verniciatura delle pareti	B					

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **T**: trimestrale - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 1	1 - CABINE MT / BT QUADRI ELETTRICI		
Galleria _____	1.01	Locali cabina		

1.01.1	Pulizia locali	M					
1.01.2	Controllo accessori di cabina	M					
1.01.3	Verifica del corretto funzionamento dell'impianto di aereazione, condizionamento						
	riscaldamento dei locali	M					

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 2	1 - CABINE MT / BT QUADRI ELETTRICI		
Galleria _____	1.02	Impianto di illuminazione e f.m.		

1.02.1	Pulizia esterna apparecchiature - apparecchi illuminanti - frutti e prese	M					
1.02.2	Controllo del corretto funzionamento delle apparecchiature	M					
1.02.3	Pulizia interna degli apparecchi illuminanti	A					
1.02.4	Eventuale sostituzione delle apparecchiature guaste e/o fine di vita media						
1.02.5	Controllo efficienza dei mezzi antincendio (presenza estintori e verifica Targhette controllo periodico degli stessi)	SEM					
1.02.6	Verifica funzionamento pulsanti di sgancio per la bt e MT	SEM					
1.02.7	Verifica presenza martelletto per la rottura del vetro del pulsante di sgancio bt e MT	SEM					

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 3	1 - CABINE MT / BT QUADRI ELETTRICI		
Galleria _____	1.03	Quadri di M.T.		

1.03.1	Controllo visivo esterno per verificare l'integrità degli scomparti	M					
1.03.2	Pulizia esterna, spolvero parti metalliche ed apparecchiature	A					
1.03.3	Verifica a vista, della eventuale presenza di scariche elettriche, dell'integrità dei poli e degli isolatori	M					
1.03.4	Verifica delle tarature delle protezioni di c.c. e sovraccarico	SEM					
1.03.5	Verifica circuiti ausiliari di allarme e sgancio	SEM					
1.03.6	Verifica del corretto funzionamento degli interruttori di M.T.	SEM					
1.03.7	Verifica della efficienza degli interblocchi elettromeccanici tra media e bassa tensione	SEM					
1.03.8	Verifica del serraggio di tutte le connessioni di M.T. e dei circuiti ausiliari	A					
1.03.9	Verifica di situazioni anomale di condensa interna alle celle di M.T.	A					
1.03.10	Verifica del collegamento all'impianto di terra	M					
1.03.11	Eventuale sostituzione delle parti avariate						

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 4	1 - CABINE MT / BT QUADRI ELETTRICI		
Galleria _____	1.04	Quadri di B.T.		

1.04.1	Controllo visivo esterno per verificare l'integrità degli scomparti e, previa apertura delle portelle di protezione, delle apparecchiature di partenza e ausiliarie	M					
1.04.2	Aspirazione e/o soffiatura della eventuale polvere depositata sulle apparecchiature e/o sulle sbarre	SEM					
1.04.3	Verifica e serraggio bulloneria e morsetteria	A					
1.04.4	Controllo delle parti fisse e mobili degli interruttori e verifica di funzionamento	A					
1.04.5	Controllo del funzionamento di tutte le apparecchiature	SEM					
1.04.6	Verifica dei segnali di stato, di allarme e di comando dal Centro Operativo	A					
1.04.7	Verifica dei blocchi elettro-meccanici di sicurezza e/o funzionali	M					
1.04.8	Verifica del collegamento all'impianto di terra	M					
1.04.9	Eventuale sostituzione delle parti avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 5	1 - CABINE MT / BT QUADRI ELETTRICI		
Galleria _____	1.05	Gruppi statici di continuità		

1.05.1	Controllo visivo esterno per verificare l'integrità dell' armadio	M					
1.05.2	Pulizia apparecchiatura e componenti compreso batterie	M					
1.05.3	Controllo morsettiere e serraggio connessioni varie	A					
1.05.4	Verifica delle prestazioni funzionali in rapporto alle grandezze d'ingresso e di uscita	SEM					
1.05.5	Verifica efficienza dei dispositivi di controllo, regolazione, allarme e segnalazioni	SEM					
1.05.6	Controllo dello stato dei contatti dei teleruttori e relè	SEM					
1.05.7	Effettuazione delle prove del ciclo di carica / scarica delle batterie	A					
1.05.8	Sostituzione delle batterie per esaurimento ciclo di vita						
1.05.9	Verifica del collegamento all'impianto di terra	M					
1.05.10	Eventuale sostituzione delle parti avariate						
1.05.11	Interventi di qualsiasi tipo da effettuare sulla base del libretto di istruzione previsto dal Costruttore						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 6	1 - CABINE MT / BT QUADRI ELETTRICI		
Galleria _____	1.06	Trasformatori		

1.06.1	Pulizia di carattere generale della cella di contenimento e di protezione meccanica del trasformatore	M					
1.06.2	Pulizia accurata del trasformatore compresi i cavi in arrivo e in partenza	SEM					
1.06.3	Verifica dello stato degli isolatori	SEM					
1.06.4	Verifica del serraggio delle connessioni di MT, BT e dei circuiti ausiliari	SEM					
1.06.5	Controllo delle sonde termometriche	SEM					
1.06.6	Verifica delle tarature e dell'efficienza delle protezioni	A					
1.06.7	Verifica delle temperature a regime e di eventuali vibrazioni e/o rumori anomali	M					
1.06.8	Verifica del collegamento all'impianto di terra	M					
1.06.9	Eventuale sostituzione delle parti avariate						
1.06.10	Interventi di qualsiasi tipo da effettuare sulla base del libretto di istruzione previsto dal Costruttore						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 7	1 - CABINE MT / BT QUADRI ELETTRICI		
Galleria _____	1.07	Regolatori luminosi		

1.07.1	Controllo visivo esterno per verificare l'integrità dell'armadio	M					
1.07.2	Pulizia apparecchiature	SEM					
1.07.3	Controllo morsettiere e serraggio connessioni varie	SEM					
1.07.4	Controllo di corretto funzionamento	SEM					
1.07.5	Verifica del collegamento dell'impianto di terra	M					
1.07.6	Eventuale sostituzione delle parti avariate						
1.07.7	Interventi di qualsiasi tipo da effettuare sulla base del libretto di istruzione						
	fornito dal Costruttore						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 8	1 - CABINE MT / BT QUADRI ELETTRICI		
Galleria _____	1.08	Gruppi elettrogeni		

1.08.1	Avviamento del gruppo in condizione di prova a vuoto	S					
1.08.2	Avviamento del gruppo in condizione di prova e commutazione	SEM					
1.08.3	Prova arresto di emergenza	M					
1.08.4	Pulizia di carattere generale nella macchina e del locale gruppi	M					
1.08.5	Verifica livelli gasolio, olio, liquido radiatori, controllo batterie di avviamento	M					
1.08.6	Prova allarmi e blocchi visibili sul quadro e nel locale di controllo	M					
1.08.7	Verifica dell'efficienza degli interblocchi elettromeccanici di commutazione da rete	M					
1.08.8	Controllo fonometrico a regime	A					
1.08.9	Controllo circuito alimentazione combustibile	M					
1.08.10	Controllo lubrificazione parti rotanti	M					
1.08.11	Verifica del collegamento all'impianto di terra	SEM					
1.08.12	Eventuale sostituzione delle parti avariate						
1.08.13	Interventi di qualsiasi tipo da effettuare sulla base del libretto di istruzione fornito dal Costruttore						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 9	1 - CABINE MT / BT QUADRI ELETTRICI		
Galleria _____	1.09	Gruppi inverter		

1.09.1	Controllo visivo degli armadi per verificarne lo stato	S					
1.09.2	Pulizia degli armadi, e, se necessario sostituzione, dei filtri sulle feritoie di aerazione	M					
1.09.3	Esame a vista dei componenti interni per verificare eventuali usure e/o bruciature	M					
1.09.4	Aspirazione della polvere eventualmente accumulata all'interno del quadro	SEM					
1.09.5	Verificare i serraggi delle morsettiere	SEM					
1.09.6	Verificare il serraggio delle sbarre di potenza	A					
1.09.7	Verificare lo stato di usura di tutti gli organi meccanici ed						
	elettromeccanici	SEM					
1.09.8	Sostituzione di tutte le apparecchiature guaste / avariate e che abbiano raggiunto la fine della vita						
1.09.9	Verificare il collegamento dell'impianto di terra	M					

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI			
Impresa Affidataria _____	n° 10	1 - CABINE MT / BT QUADRI ELETTRICI					
Galleria _____	1.10	Impianto rivelazione fumi					

1.10.1	Pulizia dei rivelatori e della centrale	M					
1.10.2	Verifica del corretto funzionamento dell'impianto	M					
1.10.3	Verifica del corretto funzionamento dei segnalatori di allarme	M					
1.10.4	Interventi di qualsiasi tipo da effettuare sulla base del libretto di istruzione fornito dal Costruttore						

Note:

Legenda CADENZA INTERVENTI: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI			
Impresa Affidataria _____	n° 10	1 - CABINE MT / BT QUADRI ELETTRICI					
Galleria _____	1.11	Impianto antintrusione					

1.11.1	Pulizia dei rivelatori e della centrale	S					
1.11.2	Verifica del corretto funzionamento dell'impianto	S					
1.11.3	Verifica del corretto funzionamento dei segnalatori di allarme	S					
1.11.4	Interventi di qualsiasi tipo da effettuare sulla base del libretto di istruzione fornito dal Costruttore						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 11	1 - CABINE MT / BT QUADRI ELETTRICI		
Galleria _____	1.12	Impianto di messa a terra		

1.12.1	Verifica dello stato dei dispersori e delle congiunzioni con la maglia equipotenziale	SEM						
1.12.2	Controllo della continuità dell'impianto	A						
1.12.3	Misura della resistenza di terra	A						
1.12.4	Espletamento pratiche ASL							

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 2 - IMPIANTO DI VENTILAZIONE	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____								
Galleria _____	2.01	Ventilatori						

2.01.1	Verifica del regolare funzionamento, sia in manuale che dal controllo centralizzato	M						
2.01.2	Verifica del regolare funzionamento dei dispositivi di protezione	M						
2.01.3	Controllo del fissaggio dei ventilatori alla volta della galleria	M						
2.01.4	Controllo del funzionamento dei rilevatori di orizzontabilità e delle vibrazioni	SEM						
2.01.5	Controllo della batteria di alimentazione (presa - condensatore - fusibili)	SEM						
2.01.6	Eventuale sostituzione delle parti avariate							
2.01.7	Interventi di qualsiasi tipo da effettuare sulla base del libretto di istruzione fornito dal Costruttore							
2.01.08	1° Controllo del fissaggio degli elettroventilatori in volta compresa la verifica in volta compresa la verifica delle vibrazioni dopo i primi tre mesi di esercizio	T						
N.B	Le operazioni di cui al punto 2.01.8 devono essere fatte in assenza di traffico							

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **T**: trimestrale - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____	n° 2	2 - IMPIANTO DI VENTILAZIONE						
Galleria _____	2.02	Rete cavi di alimentazione						

2.02.1	Controllo visivo dello stato delle linee di alimentazione	M					
2.02.2	Misura della resistenza di isolamento delle singole linee, fase-fase e fase-terra	A					
2.02.3	Verifica della continuità del circuito di terra	A					
2.02.4	Verifica dell'efficienza dei relè di protezione	A					

Note:

Legenda CADENZA INTERVENTI: S: settimanale - M: mensile - SEM: semestrale - A: annuale - B: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI			
Impresa Affidataria _____	n° 3	2 - IMPIANTO DI VENTILAZIONE					
Galleria _____	2.03	Rete cavi di controllo					

2.03.1	Controllo visivo dello stato delle linee di alimentazione	M					
2.03.2	Misura della resistenza di isolamento dei cavi di controllo, conduttore-condensatore	A					

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 4	2 - IMPIANTO DI VENTILAZIONE		
Galleria _____	2.04	Controllo stacco e vibrazioni		

2.04.1	Verifica dello stato dei finecorsa e dei sensori di vibrazione	SEM					
2.04.2	Verifica del corretto funzionamento dei dispositivi di controllo di orizzontabilità	M					
2.04.3	Verifica del corretto funzionamento dei sensori di vibrazione	M					

Note:

Legenda CADENZA INTERVENTI: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI					
Impresa Affidataria _____	n° 5	2 - IMPIANTO DI VENTILAZIONE							
Galleria _____	2.05	Serrande di estrazione							

2.05.1	Pulizia delle serrande, di finecorsa e dei motoriduttori	SEM							
2.05.2	Verifica del regolare funzionamento in apertura e chiusura delle serrande, dei								
	relativi finecorsa e dei servocomandi sia in manuale che in automatico	SEM							
2.05.3	Verifica dello stato dei collegamenti elettrici	SEM							
2.05,4	Eventuali sostituzioni delle parti avariate								
2.05.5	Interventi di qualsiasi tipo da effettuare sulla base del libretto di istruzione								
	fornito dai Costruttori								
2.05.06	Verifica del regolare funzionamento in apertura e chiusura delle serrande, dei								
	relativi finecorsa sia in manuale che in automatico	T							
N.B.	Le operazioni di cui al punto 2.05.1 e 2.05.6 devono essere effettuate con								
	assenza di traffico								

Note:

Legenda CADENZA INTERVENTI: **S**: settimanale - **M**: mensile - **T**: trimestrale - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI			
Impresa Affidataria _____	n° 6	2 - IMPIANTO DI VENTILAZIONE					
Galleria _____	2.06	Serrande di scarico					

2.06.1	Pulizia delle serrande	A					
2.06.2	Controllo della regolazione delle serrande installate nel condotto	A					

Note:

Legenda CADENZA INTERVENTI: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI			
Impresa Affidataria _____	n° 7	2 - IMPIANTO DI VENTILAZIONE					
Galleria _____	2.07	Impianto di pressurizzazione luoghi sicuri					

2.07.1	Pulizia delle apparecchiature, ventilatori, serrande e bocchette	SEM					
2.07.2	Controllo del corretto funzionamento dell'impianto di pressurizzazione	SEM					

Note:

Legenda CADENZA INTERVENTI: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 1	2 - IMPIANTO DI VENTILAZIONE		
Galleria _____	2.08	Analizzatori di CO - OP		

2.08.1	Pulizia interna ed esterna delle apparecchiature e dei sistemi ottici	SEM						
2.08.2	Verifica del corretto funzionamento dei segnali al Centro di Controllo	M						
2.08.3	Eventuale sostituzione delle parti avariate o per fine di durata di vita							
2.08.4	Interventi di qualsiasi tipo da effettuare sulla base del libretto di istruzione							
	fornito dal Costruttore							

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 2	Impianto: 2 - IMPIANTO DI VENTILAZIONE	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____				
Galleria _____	2.09	Anemometri		

2.09.1	Pulizia interna ed esterna delle apparecchiature	SEM						
2.09.2	Verifica del corretto funzionamento delle apparecchiature e della trasmissione							
	dei segnali al Centro di Controllo	M						
2.09.3	Eventuale sostituzione delle parti avariate o per fine di durata di vita							
2.09.4	Interventi di qualsiasi tipo da effettuare sulla base del libretto di istruzione							
	fornito dal Costruttore							

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI			
Impresa Affidataria _____	n° 3	2 - IMPIANTO DI VENTILAZIONE					
Galleria _____	2.10	Rete cavi di alimentazione e controllo CO-OP/AN					

2.10.1	Controllo visivo dello stato delle linee di alimentazione e di controllo	M					
2.10.2	Verifica della continuità dei circuiti	A					
2.10.3	Verifica del corretto collegamento delle apparecchiature al circuito di terra	M					

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 3 - IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____								
Galleria _____	3.01	Luminanzometri						

3.01.1	Pulizia delle fotocellule e controllo del corretto montaggio	SEM					
3.01.2	Controllo del corretto funzionamento delle apparecchiature	SEM					

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 2	3 - IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE		
Galleria _____	3.02	Apparecchi illuminanti		

3.02.1	Verifica della regolare accensione dei circuiti, della zona di rinforzo, di transizione, permanenti e di illuminazione di sicurezza	S					
3.02.2	Verifica dello stato dei conduttori di alimentazione e del serraggio dei morsetti di derivazione	A					
3.02.3	Pulizia esterna degli apparecchi e dei vetri	A					
3.02.4	Ricambio ciclico delle lampade a fine durata di vita media						
3.02.5	Pulizia interna dello schermo e dell'apparecchio illuminante						
3.02.6	Verifica dello stato di usura dei diversi componenti (lampade, reattori, accenditori e condensatori						
3.02.7	Eventuali sostituzioni dei componenti guasti						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 3	3 - IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE		
Galleria _____	3.03	Rete cavi		

3.03.1	Controllo visivo dello stato delle linee di alimentazione	M					
3.03.2	Misura a spot della resistenza di isolamento delle singole linee fase-fase e fase-terra	A					
3.03.3	Verifica dell'efficienza dei relè di protezione	A					

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 4	3 - IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE		
Galleria _____	3.04	Passerella portacavi		

3.04.1	Controllo visivo dello stato della passerella e dei relativi sostegni	M					
3.04.2	Controllo dei fissaggi	M					

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 1	4 - IMPIANTO ANTINCENDIO		
Galleria _____	4.01	Locale antincendio		

4.01.1	Controllo visivo dello stato	M					
4.01.2	Controllo eventuali perdite su flange e saracinesche	M					
4.01.3	Verifica efficienza dei corpi illuminanti	M					
4.01.4	Controllo dello stato degli sprinkler	M					
4.01.5	Verifica stato del quadro elettrico	M					
4.01.6	Verifica prese FM	M					
4.01.7	Verifica presenza estintori	M					
4.01.8	Verifica visiva livello acqua nella vasca antincendio	M					

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 1	4 - IMPIANTO ANTINCENDIO		
Galleria _____	4.02	Gruppo di pressurizzazione		

4.02.1	Controllo visivo dello stato	M					
4.02.2	Controllo eventuali perdite su flange e saracinesche	M					
4.02.3	Verifica funzionamento elettropompa	M					
4.02.4	Verifica funzionamento motopompa	M					
4.02.5	Verifica funzionamento elettropompa pilota	M					
4.02.6	Verifica livello di gasolio	M					
4.02.7	Verifica stato del serbatoio gasolio ed eventuali perdite	M					
4.02.8	Verifica visiva del quadro di bordo macchina	M					

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: S: settimanale - M: mensile - SEM: semestrale - A: annuale - B: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 1	4 - IMPIANTO ANTINCENDIO		
Galleria _____	4.03	Tubazione di alimentazione		

4.03.1	Controllo pressione acquedotto	M						
4.03.2	Controllo eventuali perdite su flange e saracinesche	M						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: S: settimanale - M: mensile - SEM: semestrale - A: annuale - B: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 2	4 - IMPIANTO ANTINCENDIO		
Galleria _____	4.04	Gruppi di misura		

4.04.1	Controllo dei consumi/ letture del gruppo di misura	M					
4.04.2	Controllo delle saracinesche e valvole punto di consegna	M					
4.04.3	Controllo eventuale perdite su flange e saracinesche	M					
4.04.4	Eventuale sostituzione delle parti guaste o avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 3	4 - IMPIANTO ANTINCENDIO		
Galleria _____	4.05	Rete di distribuzione e naspi		

4.05.1	Controllo eventuali perdite su tubazioni, giunti, flange e saracinesche	M					
4.05.2	Verifica pressione reti	SEM					
4.05.3	Prova di funzionamento naspi secondo normativa vigente	SEM					
4.05.4	Verifica del corretto funzionamento dei cavi scaldanti	SEM					
4.05.5	Eventuale sostituzione delle parti guaste o avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 4	4 - IMPIANTO ANTINCENDIO		
Galleria _____	4.06	Attacco motopompa e idranti		

4.06.1	Verifica dello stato delle apparecchiature	M					
4.06.2	Controllo eventuali perdite	M					
4.04.3	Eventuale sostituzione delle parti guaste o avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 5	4 - IMPIANTO ANTINCENDIO		
Galleria _____	4.07	Estintori		

4.07.1	Verifica pressione estintori	M					
4.07.2	Certificazione secondo norme di legge	SEM					
4.07.3	Eventuale sostituzione di estintori danneggiati						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 5 - IMPIANTO S.O.S.	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____				
Galleria _____	5.01	Cassonetti		

5.01.1	Pulizia dei cassonetti S.O.S. e controllo del fissaggio meccanico dei cassoni alla parete	M					
5.01.2	Controllo delle porte, delle serrature e dello stato delle guarnizioni	M					
5.01.3	Verifica della connessione alla rete di terra	M					
5.01.4	Eventuali sostituzioni di porte guaste o avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI			
Impresa Affidataria _____	n° 2	5 - IMPIANTO S.O.S.					
Galleria _____	5.02	Telefoni di emergenza					

5.02.1	Pulizia delle apparecchiature	M					
5.02.2	Verifica del corretto funzionamento con il Centro Operativo	M					
5.02.3	Eventuale sostituzione delle parti guaste o avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 3	Impianto: 5 - IMPIANTO S.O.S.	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI			
Impresa Affidataria _____							
Galleria _____	5.03	Rete cavi					

5.03.1	Controllo visivo dello stato delle linee di alimentazione, di controllo e trasmissione	M					
5.03.2	Verifica della continuità dei circuiti	A					
5.03.3	Controllo delle morsettiere in arrivo e partenza	M					
5.03.4	Eventuale sostituzione delle parti guaste o avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 6 - IMPIANTO TV CC	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____								
Galleria _____	6.01	Telecamere fisse						

6.01.1	Verifica del regolare funzionamento	SEM					
6.01.2	Controllo del fissaggio e dell'orientamento	SEM					
6.01.3	Controllo dei cavi di collegamento	SEM					
6.01.4	Eventuale sostituzione delle parti guaste o avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 2	6 - IMPIANTO TV CC		
Galleria _____	6.02	Telecamere brandeggiabili		

6.02.1	Pulizia della telecamera	SEM					
6.02.2	Controllo del fissaggio	SEM					
6.02.3	Controllo dei cavi di collegamento	SEM					
6.02.4	Eventuale sostituzione delle parti guaste o avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 3	Impianto: 6 - IMPIANTO TV CC	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____								
Galleria _____	6.03	Armadi rack concentratori video						

6.03.1	Pulizia esterna ed interna degli armadi	SEM					
6.03.2	Verifica della corretta alimentazione (in partenza) delle singole telecamere	SEM					
6.03.3	Verifica della corretta attestazione dei cavi in partenza ed in arrivo	SEM					
6.03.4	Eventuale sostituzione delle parti guaste o avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 4	6 - IMPIANTO TV CC		
Galleria _____	6.04	Apparati di videoregistrazione		

6.04.1	Pulizia esterna dell'armadio e degli apparati	SEM					
6.04.2	Verifica della corretta attestazione dei cavi in partenza ed in arrivo	SEM					
6.04.3	Verifica, a spot, del corretto funzionamento dei videoregistratori	SEM					
6.04.4	Eventuale sostituzione delle parti guaste o avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 5	6 - IMPIANTO TV CC		
Galleria _____	6.05	Apparati video - Dai		

6.05.1	Pulizia esterna dell'armadio e degli apparati	SEM					
6.05.2	Verifica della corretta attestazione dei cavi in partenza ed in arrivo	SEM					
6.05.3	Verifica, a spot, del corretto funzionamento dei videoregistratori	SEM					
6.05.4	Eventuale sostituzione delle parti guaste o avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____	n° 6	6 - IMPIANTO TV CC						
Galleria _____	6.06	Cavi precomposti						

6.06.1	Controllo visivo dello stato dei cavi lungo il percorso	SEM					
6.06.2	Eventuali riparazioni o sostituzioni di tratte di cavo guaste o avariate						

Note:

Legenda CADENZA INTERVENTI: S: settimanale - M: mensile - SEM: semestrale - A: annuale - B: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 7	6 - IMPIANTO TV CC		
Galleria _____	6.07	Cavi F.O.		

6.07.1	Controllo visivo dello stato dei cavi e delle attestazioni lungo il percorso	SEM					
6.07.2	Eventuali riparazioni, compresa misura di attenuazione, di tratte di cavo						
	guaste o avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI			
Impresa Affidataria _____	n° 2	7 - IMPIANTO RADIO					
Galleria _____	7.01	Cavo fessurato					

7.01.1	Controllo visivo del corretto fissaggio del cavo alla volta della galleria	M					
7.01.2	Eventuale ripristino del fissaggio						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____	n° 1	8 - IMPIANTO CONTROLLO TRAFFICO						
Galleria _____	8.01	Strumenti di controllo						

8.01.1	Pulizia degli strumenti	SEM					
8.01.2	Controllo a spot del corretto funzionamento	SEM					
8.01.3	Controllo della corretta attestazione dei cavi di collegamento	SEM					
8.01.4	Eventuale sostituzione delle parti guaste o avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 9 - IMPIANTO DI SUPERVISIONE	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____								
Galleria _____	9.01	Apparati						

9.01.1	Pulizia degli armadi e degli apparati	S					
9.01.2	Verifica del corretto funzionamento						
9.01.3	Eventuale sostituzione delle parti guaste o avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____	n° 2	9 - IMPIANTO DI SUPERVISIONE						
Galleria _____	9.02	Rete cavi F.O.						

9.02.1	Controllo visivo dello stato dei cavi e delle attestazioni lungo tutto il percorso	SEM					
9.02.2	Eventuali riparazioni, compresa misura di attenuazione, di tratte di cavo guaste e avariate						

Note:

Legenda CADENZA INTERVENTI: S: settimanale - M: mensile - SEM: semestrale - A: annuale - B: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI			
Impresa Affidataria _____	n° 1	10 - IMPIANTO RILEVAZIONE INCENDIO IN GALLERIA					
Galleria _____	10.01	Cavo fibrolaser					

10.01.1	Controllo visivo del corretto fissaggio del cavo alla volta della galleria	M					
10.01.2	Eventuale ripristino del fissaggio						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI			
Impresa Affidataria _____	n° 1	10 - IMPIANTO RILEVAZIONE INCENDIO IN GALLERIA					
Galleria _____	10.02	Cavo Termosensibile					

10.02.1	Controllo visivo del corretto fissaggio del cavo alla volta della galleria	M					
10.02.2	Eventuale ripristino del fissaggio						

Note:

Legenda CADENZA INTERVENTI: S: settimanale - M: mensile - SEM: semestrale - A: annuale - B: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 2	10 - IMPIANTO RILEVAZIONE INCENDIO IN GALLERIA		
Galleria _____	10.03	Centrali di rilevazione		

10.03.1	Pulizia delle centrali	M					
10.03.2	Verifica della corretta attestazione dei cavi	M					
10.03.3	Prove di funzionamento a spot nelle varie tratte	SEM					
10.03.4	Eventuale sostituzione delle parti guaste o avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI			
Impresa Affidataria _____	n° 1	11 - IMPIANTO SEGNALETICA LUMINOSA					
Galleria _____	11.01	Apparecchi e segnali					

11.01.1	Verifica della regolare accensione dei segnali	S					
11.01.2	Controllo visivo del corretto fissaggio dei segnali a parete	M					
11.01.3	Controllo del serraggio dei dadi e bulloni delle staffe e dei fissaggi	A					
11.01.4	Eventuale ripristino del fissaggio						
11.01.5	Pulizia esterna degli apparecchi e dei segnali	SEM					
11.01.6	Pulizia interna degli schermi e degli apparecchi illuminanti						
11.01.7	Ricambio ciclico delle lampade a fine durata vita media e condensatori						
11.01.8	Eventuale sostituzione componenti guasti						
11.01.9							

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 2	11 - IMPIANTO SEGNALETICA LUMINOSA		
Galleria _____	11.02	Rete cavi		

11.02.1	Controllo visivo dello stato delle linee di alimentazione	M					
11.02.2	Prova di estrazione ed inserimento prese e spine di alimentazione	SEM					
11.02.3	Verifica guarnizioni di tenuta	A					
11.02.4	Eventuale sostituzione delle parti guaste o avariate						
11.02.5	Misura a spot della resistenza di isolamento delle singole linee fase-fase e	A					
	fase-terra						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 3	11 - IMPIANTO SEGNALETICA LUMINOSA		
Galleria _____	11.03	Impianto semafori		

11.03.1	Verifica visiva del funzionamento dei segnali	S					
11.03.2	Controllo visivo del corretto fissaggio dei segnali a parete	M					
11.03.3	Eventuale ripristino del fissaggio	SEM					
11.03.4	Pulizia esterna dei semafori	SEM					
11.03.5	Prova di funzionamento dei semafori locale/remoto	SEM					
11.03.6	Ricambio ciclico delle lampade a fine durata vita media						
11.03.7	Eventuale sostituzione componenti guasti						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 12 - PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____								
Galleria _____	12.01	Struttura						

12.01.1	Verifica del serraggio dei bulloni	A					
12.01.2	Verifica dello stato generale della struttura	A					
12.01.3	Verifica della messa a terra della struttura	A					
12.01.4	Verifica della corretta apertura e chiusura della protezione di accesso alla scala	SEM					
12.01.5	Verifica del fissaggio delle apparecchiature alla struttura	SEM					

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 2	12 - PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE		
Galleria _____	12.02	Pannelli alfanumerici		

12.02.1	Controllo visivo dello stato dei cavi e delle attestazioni lungo tutto il percorso	SEM					
12.02.2	Controllo della funzionalità delle ventole di raffreddamento interne	SEM					
12.02.3	Controllo della funzionalità delle ventole di raffreddamento esterne	SEM					
12.02.4	Controllo della funzionalità del sistema di riscaldamento	A					
12.02.5	Controllo della funzionalità della regolazione di luminosità	A					
12.02.6	Controllo delle comunicazioni	S					

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____	n° 3	12 - PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE						
Galleria _____	12.03	Pannelli full matrix						

12.03.1	Controllo visivo dello stato dei cavi e delle attestazioni lungo tutto il percorso	SEM					
12.03.2	Controllo della funzionalità delle ventole di raffreddamento interne	SEM					
12.03.3	Controllo della funzionalità delle ventole di raffreddamento esterne	SEM					
12.03.4	Controllo della funzionalità del sistema di riscaldamento	A					
12.03.5	Controllo della funzionalità della regolazione di luminosità	A					
12.03.6	Controllo delle comunicazioni	S					

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 4	Impianto: 12 - PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____								
Galleria _____	12.04	Semafori lato pannello						

12.04.1	Controllo visivo dello stato dei cavi e delle attestazioni lungo tutto il percorso	SEM					
12.04.2	Pulizia dei vetri delle lanterne semaforiche	SEM					
12.04.3	Controllo dei serraggi delle viti	A					
12.04.4	Controllo della funzionalità	A					

Note:

Legenda CADENZA INTERVENTI: S: settimanale - M: mensile - SEM: semestrale - A: annuale - B: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 13 - IMPIANTI DI BY-PASS - IMPIANTO S.O.S.	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____				
Galleria _____	13.01	Cassonetti		

13.01.1	Pulizia dei cassonetti S.O.S. e controllo del fissaggio meccanico dei cassoni alla parete	M					
13.01.2	Controllo delle porte, delle serrature e dello stato delle guarnizioni	M					
13.01.3	Verifica della connessione alla rete di terra	M					
13.01.4	Eventuali sostituzioni di porte guaste o avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI			
Impresa Affidataria _____	n° 2	13 - IMPIANTI DI BY-PASS - IMPIANTO S.O.S.					
Galleria _____	13.02	Telefoni di emergenza					

13.02.1	Pulizia delle apparecchiature	M					
13.02.2	Verifica del corretto funzionamento con il Centro Operativo	M					
13.02.3	Eventuale sostituzione delle parti guaste o avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI			
Impresa Affidataria _____	n° 3	13 - IMPIANTI DI BY-PASS - IMPIANTO S.O.S.					
Galleria _____	13.03	Rete cavi					

13.03.1	Controllo visivo dello stato delle linee di alimentazione, di controllo e trasmissione	M					
13.03.2	Verifica della continuità dei circuiti	A					
13.03.3	Controllo delle morsettiere in arrivo e partenza	M					
13.03.4	Eventuale sostituzione delle parti guaste o avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 1	14 - IMPIANTI DI BY-PASS - IMPIANTO TV CC		
Galleria _____	14.01	Telecamere fisse		

14.01.1	Verifica del regolare funzionamento	SEM					
14.01.2	Controllo del fissaggio e dell'orientamento	SEM					
14.01.3	Controllo dei cavi di collegamento	SEM					
14.01.4	Eventuale sostituzione delle parti guaste o avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____	n° 2	14 - IMPIANTI DI BY-PASS - IMPIANTO TV CC						
Galleria _____	14.02	Cavi precomposti						

14.02.1	Controllo visivo dello stato dei cavi lungo il percorso	SEM					
14.02.2	Eventuali riparazioni o sostituzioni di tratte di cavo guaste o avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____	n° 3	14 - IMPIANTI DI BY-PASS - IMPIANTO TV CC						
Galleria _____	14.03	Cavi F.O.						

14.03.1	Controllo visivo dello stato dei cavi e delle attestazioni lungo il percorso	SEM					
14.03.2	Eventuali riparazioni, compresa misura di attenuazione, di tratte di cavo						
	guaste o avariate						

Note:

Legenda CADENZA INTERVENTI: S: settimanale - M: mensile - SEM: semestrale - A: annuale - B: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI			
Impresa Affidataria _____	n° 1	15 – IMPIANTI DI BY-PASS - PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE					
Galleria _____	15.01	Struttura					

15.01.1	Verifica del serraggio dei bulloni	A					
15.01.2	Verifica dello stato generale della struttura	A					
15.01.3	Verifica della messa a terra della struttura	A					
15.01.4	Verifica della corretta apertura e chiusura della protezione di accesso alla scala	SEM					
15.01.5	Verifica del fissaggio delle apparecchiature alla struttura	SEM					

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 2	15 - IMPIANTI DI BY-PASS - PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE		
Galleria _____	15.02	Pannelli full matrix		

15.02.1	Controllo visivo dello stato dei cavi e delle attestazioni lungo tutto il percorso	SEM					
15.02.2	Controllo della funzionalità delle ventole di raffreddamento interne	SEM					
15.02.3	Controllo della funzionalità delle ventole di raffreddamento esterne	SEM					
15.02.4	Controllo della funzionalità del sistema di riscaldamento	A					
15.02.5	Controllo della funzionalità della regolazione di luminosità	A					
15.02.6	Controllo delle comunicazioni	S					

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 1	16 - IMPIANTI DI BY-PASS - IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE		
Galleria _____	16.01	Apparecchi illuminanti		

16.01.1	Verifica della regolare accensione dei circuiti, della zona di rinforzo, di transizione, permanenti e di illuminazione di sicurezza	S					
16.01.2	Verifica dello stato dei conduttori di alimentazione e del serraggio dei morsetti di derivazione	A					
16.01.3	Pulizia esterna degli apparecchi e dei vetri	A					
16.01.4	Ricambio ciclico delle lampade a fine durata di vita media						
16.01.5	Pulizia interna dello schermo e dell'apparecchio illuminante						
16.01.6	Verifica dello stato di usura dei diversi componenti (lampade, reattori, accenditori e condensatori						
16.01.7	Eventuali sostituzioni dei componenti guasti						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 2	Impianto: 16 - IMPIANTI DI BY-PASS - IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI			
Impresa Affidataria _____							
Galleria _____	16.02	Rete cavi					

16.02.1	Controllo visivo dello stato delle linee di alimentazione	M					
16.02.2	Misura a spot della resistenza di isolamento delle singole linee fase-fase e						
	fase-terra	A					
16.02.3	Verifica dell'efficienza dei relè di protezione	A					

Note:

Legenda CADENZA INTERVENTI: S: settimanale - M: mensile - SEM: semestrale - A: annuale - B: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 1	17 - IMPIANTI DI BY-PASS - QUADRI ELETTRICI BT		
Galleria _____	17.01	Quadri di B.T.		

17.01.1	Controllo visivo esterno per verificare l'integrità degli scomparti e, previa apertura delle portelle di protezione, delle apparecchiature di partenza e ausiliarie	M					
17.01.2	Aspirazione e/o soffiatura della eventuale polvere depositata sulle apparecchiature e/o sulle sbarre	SEM					
17.01.3	Verifica e serraggio bulloneria e morsetteria	A					
17.01.4	Controllo delle parti fisse e mobili degli interruttori e verifica di funzionamento	A					
17.01.5	Controllo del funzionamento di tutte le apparecchiature	SEM					
17.01.6	Verifica dei segnali di stato, di allarme e di comando dal Centro Operativo	A					
17.01.7	Verifica dei blocchi elettro-meccanici di sicurezza e/o funzionali	M					
17.01.8	Verifica del collegamento all'impianto di terra	M					
17.01.9	Eventuale sostituzione delle parti avariate						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 18 – IMPIANTI DI BY-PASS - IMPIANTO DI VENTILAZIONE	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____								
Galleria _____	18.01	Ventilatori						

18.01.1	Verifica del regolare funzionamento, sia in manuale che dal controllo centralizzato	M						
18.01.2	Verifica del regolare funzionamento dei dispositivi di protezione	M						
18.01.3	Controllo del fissaggio dei ventilatori alla volta della galleria	M						
18.01.4	Controllo del funzionamento dei rilevatori di orizzontabilità e delle vibrazioni	SEM						
18.01.5	Controllo della batteria di alimentazione (presa - condensatore - fusibili)	SEM						
18.01.6	Eventuale sostituzione delle parti avariate							
18.01.7	Interventi di qualsiasi tipo da effettuare sulla base del libretto di istruzione fornito dal Costruttore							
18.01.08	1° Controllo del fissaggio degli elettroventilatori in volta compresa la verifica in volta compresa la verifica delle vibrazioni dopo i primi tre mesi di esercizio	T						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **T**: trimestrale - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 18 - IMPIANTI DI BY-PASS - Impianto rilevazione incendio con rilevatori ottici lineari	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI					
Impresa Affidataria _____									
Galleria _____	18.02	Rilevatori di fumo ottici							

18.02.1	Verifica del regolare funzionamento, sia in manuale che dal controllo centralizzato	M						
18.02.2	Verifica del regolare funzionamento dei dispositivi di rilevazione	M						
18.02.3	Controllo del fissaggio dei rilevatori al soffitto	M						
18.02.4	Pulizia dei rilevatori	SEM						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **T**: trimestrale - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 18 - IMPIANTI DI BY-PASS - Impianto rilevazione incendio con rilevatori laser	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI					
Impresa Affidataria _____									
Galleria _____	18.03	Rilevatori laser							

18.03.1	Verifica del regolare funzionamento, sia in manuale che dal controllo centralizzato	M						
18.03.2	Verifica del regolare funzionamento dei dispositivi di rilevazione	M						
18.03.3	Controllo del fissaggio dei rilevatori al soffitto	M						
18.03.4	Pulizia dei rilevatori	SEM						

Note:

Legenda CADENZA INTERVENTI: S: settimanale - M: mensile - T: trimestrale - SEM: semestrale - A: annuale - B: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI					
Impresa Affidataria _____	n° 1	18 - IMPIANTI DI BY-PASS - Impianto rilevazione incendio							
Galleria _____	18.04	Centralina							

18.01.4	Verifica del regolare funzionamento, sia in manuale che dal controllo centralizzato	M							

Note:

Legenda CADENZA INTERVENTI: **S**: settimanale - **M**: mensile - **T**: trimestrale - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 18 - IMPIANTI DI BY-PASS - diffusione sonora	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI					
Impresa Affidataria _____									
Galleria _____	18.05								

18.05.1	Verifica del regolare funzionamento, sia in manuale che dal controllo centralizzato	M						
18.05.2	Verifica dello stato degli altoparlanti	M						
18.05.3	Verifica delle giunzioni dei cavi di alimentazione e di segnale	M						

Note:

Legenda CADENZA INTERVENTI: S: settimanale - M: mensile - T: trimestrale - SEM: semestrale - A: annuale - B: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 18 - IMPIANTI DI BY-PASS - serrande tagliafuoco	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____								
Galleria _____	18.06							

18.06.1	Verifica del regolare funzionamento, sia in manuale che dal controllo centralizzato	M						
18.06.2	Verifica dello stato delle serrande	M						
18.06.3	Verifica dello stato dei dispositivi che permettono il movimento della serranda	M						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **T**: trimestrale - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 18 - IMPIANTI DI BY-PASS - Portoni di ingresso	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____								
Galleria _____	18.07							

18.07.1	Verifica visiva dello stato delle porte	M						
18.07.2	Verifica del funzionamento dei maniglioni antipanico	M						
18.07.3	Verifica del sistema di allarme per l'apertura delle porte	M						
18.07.4	Verifica del sistema di blocco delle porte	M						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **T**: trimestrale - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 19 - IMPIANTO FOTOVOLTAICO	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____								
Galleria _____	19.01	Pannelli fotovoltaici						

19.01.1	Verifica visiva della pulizia e dello stato del pannello	M						
19.01.2	Verifica della presenza di eventuali ombreggimenti	M						
19.01.3	Verifica del serraggio dei morsetti dei cavi elettrici	M						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **T**: trimestrale - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 19 - IMPIANTO FOTOVOLTAICO	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____								
Galleria _____	19.02	Inverter						

19.02.1	Verifica visiva dello stato dell'inverter	M						
19.02.2	Verifica dell'assorbimento di ogni singolo ingresso	M						
19.02.3	Verifica dello stato degli interruttori di protezioni	M						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **T**: trimestrale - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 19 - IMPIANTO FOTOVOLTAICO	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____								
Galleria _____	19.03	Quadri di campo						

19.02.1	Verifica visiva dello stato del quadro	M						
19.02.2	Verifica ed eventuale sostituzione dei fusibili bruciati	M						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **T**: trimestrale - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 19 - IMPIANTO FOTOVOLTAICO	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____								
Galleria _____	19.04	Supporti dei pannelli						

19.04.1	Verifica visiva dello stato del supporto	M						
19.04.1	Verifica ed eventuale serraggio dei bulloni	M						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **T**: trimestrale - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 19 - IMPIANTO FOTOVOLTAICO	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____								
Galleria _____	19.05	Dispositivo di interfaccia						

19.05.1	Verifica dello stato delle protezioni	M						
19.05.2	Prova degli interruttori MT	S						
19.05.3	Verifica dello sgancio di emergenza	S						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **T**: trimestrale - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 20 - IMPIANTO RILEVAZIONE METEO	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____								
Galleria _____	20.01	Centralina meteo						

20.01.1	Verifica dello stato	M						
20.01.2	Pulizia dei dispositivi di raccolta parametri ambientali	M						
20.01.3	Verifica dell'ancoraggio	M						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **T**: trimestrale - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 20 - IMPIANTO ILLUMINAZIONE SVINCOLI	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____								
Galleria _____	21.01							

21.01.1	Verifica visiva dello stato delle lampade	B						
21.01.2	Verifica visiva dello stato dei pali di illuminazione	B						
21.01.3	Verifica dell'ancoraggio dei pali	B						
21.01.4	Sostituzione plafoniere mancanti	S						
21.04.5	Verifica visiva del quadro elettrico	S						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **T**: trimestrale - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale B=BIMESTRALE; S=SEMESTRALE

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 22 - IMPIANTI DI TRASMISSIONE DATI	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI			
Impresa Affidataria _____							
Galleria _____	22.01	Cavi F.O.					

22.01.1	Controllo visivo dello stato dei cavi e delle attestazioni lungo il percorso	SEM					
22.01.2	Eventuali riparazioni, compresa misura di attenuazione, di tratte di cavo						
	guaste o avariate						

Note:

Legenda CADENZA INTERVENTI: S: settimanale - M: mensile - SEM: semestrale - A: annuale - B: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 1	23 - IMPIANTI POMPAGGIO ANTI-ALLAGAMENTO		
Galleria _____	23.01	Componenti stazione pompaggio.		

23.01.1	Controllo visivo dello stato del quadro elettrico e interruttori	SEM					
23.01.2	Prova funzionamento differenziali	SEM					
23.01.3	Controllo funzionamento galleggianti	SEM					
23.01.4	Controllo funzionamento trasmissione dati mediante modem	SEM					
23.01.5	Controllo segnalazione visiva esterna degli allarmi dell' Impianto	SEM					
23.01.6	Pulizia del pozzo di accumulo da eventi estranei come rifiuti	SEM					
	Eventuali riparazioni						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 24 - IMPIANTI A DILUVIO CON SCHIUMOGENO	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____								
Galleria _____	24.01	Componenti						

24.01.1	Controllo visivo dello stato dei serbatoi di stoccaggio schiumogeno	SEM					
24.01.2	Verifica del funzionamento del sistema di miscelazione automatica dello schium.	SEM					
24.01.4	Controllo visivo degli ugelli e pulizia per liberarlo da eventuali ostruzioni	SEM					
	Eventuali riparazioni						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda: n° 1	Impianto: 25 - IMPIANTO DI SPEGNIMENTO AUTOMATICO ROBOTIZZATO	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI				
Impresa Affidataria _____								
Galleria _____	25.01	Componenti.						

25.01.1	Controllo visivo della struttura	SEM					
25.01.2	Verifica funzionamento dorsale di trasmissione in fibra ottica/bus seriale	SEM					
25.01.3	Verifica funzionamento stazioni di attracco e carrello porta monitori	SEM					
25.01.4	Verifica funzionamento monitori a comando elettrico	SEM					
25.01.5	Verifica e reintegro stazione di pompaggio acqua antincendio e miscelazione schiuma	SEM					
	Eventuali riparazioni						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale

Committente _____	Scheda:	Impianto:	CADENZA INTERVENTI	INTERVENTI ESEGUITI
Impresa Affidataria _____	n° 1	26 - MODULO BY-PASS PREFABBRICATO		
Galleria _____	26.01	Componenti		

26.01.1	Controllo visivo dello stato dei quadri elettrici e degli interruttori	SEM					
26.01.2	Prova funzionamento differenziali	SEM					
26.01.3	Controllo funzionamento ventilatore, telecamera e diffusore audio/video	SEM					
26.01.4	Controllo funzionamento trasmissione dati e quadro Reck	SEM					
26.01.5	Verifica mantenimento caratteristiche REI del modulo	SEM					
26.01.6	Verifica funzionamento apparecchiature	SEM					
	Eventuali riparazioni						

Note:

Legenda **CADENZA INTERVENTI**: **S**: settimanale - **M**: mensile - **SEM**: semestrale - **A**: annuale - **B**: biennale



Anas S.p.A.
Via Monzambano, 10 - 00185 Roma
www.stradeanas.it

Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

IT.PRL.05.07 - Rev. 1.0

Bonifica da ordigni e residuati bellici

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Direttore Ingegneria e Verifiche	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	APR. 2021

Sommario

1.	PREMESSA	4
1.1	Normativa di riferimento.....	4
1.2	Personale specializzato.....	5
1.3	Bonifica Ordigni Bellici: caratteristiche tecniche.....	6
1.3.1	Pulizia preliminare delle superfici da bonificare con taglio della vegetazione	6
1.3.2	Bonifica di superficie da ordigni residuati bellici fino a 1,00 m di profondità dal p.c.	7
1.3.3	Bonifica effettuata mediante il metodo dello scavo e cernita del terreno per strati successivi oltre la profondità di 1,00 m dal p.c.	8
1.3.4	Bonifica sistematica in presenza di scavi archeologici	9
1.4	Scavo per recupero e rimozione degli ordigni bellici	9
1.4.1	Scavo per recupero ordigni bellici	9
1.4.2	Rimozione degli ordigni bellici.....	10
1.5	Norme di sicurezza e relative agli oneri e responsabilità.....	10
1.6	Collaudo finale dei lavori di bonifica	10
1.7	Prescrizioni tecniche per la redazione degli elaborati.....	10

1. PREMESSA

Per Ordigni bellici in generale si intendono mine, ordigni esplosivi, bombe, proiettili, masse ferrose e residuati bellici di qualsiasi natura.

Il progetto per l'attività di bonifica preventiva da ordigni esplosivi residuati bellici, ha lo scopo di accertare ed eliminare la presenza di ordigni esplosivi sul suolo e sottosuolo delle aree interessate dai lavori, in osservanza alle vigenti leggi in materia, nonché alle prescrizioni generali e particolari impartite dalle Direzioni Genio Militare Territorialmente competente, meglio definito come OEP (Organi Esecutivi Periferici).

Tale attività, ove ritenuta necessaria dal Coordinatore per la Sicurezza ex art. 91 comma 2 - bis del D.Lgs.81/08, è da intendersi tassativamente preventiva e propedeutica a qualsiasi altra attività lavorativa.

In particolare, le prescrizioni di legge prevedono che detti lavori di bonifica siano eseguiti da imprese regolarmente iscritte, anche all'Albo dei Fornitori del Ministero della Difesa e che il personale impiegato deve essere munito di brevetto di specializzazione B.C.M. (Bonifica Campi Minati) anch'esso rilasciato dal Ministero della Difesa. L'Autorità militare interviene anche nell'autorizzazione all'utilizzo di procedure e attrezzature di ricerca e rimozione, come specificato nel Capitolato Speciale d'Appalto B.C.M. del Ministero della Difesa (ed. 1984).

1.1 Normativa di riferimento

Di seguito i principali disposizioni vigenti in materia o comunque connesse con l'attività di bonifica da ordigni esplosivi residuati bellici interrati, da ritenersi cogenti per l'esecuzione del servizio in parola:

- D. Lgs. Lgt. 12 apr. 1946 n° 320 – Bonifica dei Campi Minati
- D. Lgs. C.P.S. 1 nov. 1947 n° 1768 – Modificazioni/aggiunte al D. Lgs. Lgt. 320/46
- SCHEMA Capitolato BCM Ed. 1984 aggiornato 2002 - SCHEMA Condizioni Amministrative.
- Circ. SME n° 596/184.420 datata 26 giu. 1998 – Riordino settore relativo alla bonifica di ordigni esplosivi
- Circ. SME n° 423/184.420 datata 26 lug. 1999 – Riordino settore relativo alla bonifica di ordigni esplosivi. 1° Serie AA.VV
- D.M. 26 gen 1998 – Struttura ordinativa e competenze della Direzione Generale dei Lavori e del Demanio del Ministro della Difesa.
- D.M. 14 apr. 2000 n° 2 – Regolamento concernente il Capitolato Generale d'oneri per i contratti stipulati dall'A.D. (Campo di applicazione forniture servizi).
- D.P.R. 20 Ago2001 n° 384 – Regolamento di semplificazione dei procedimenti di spesa in economia.
- D.M. 1 ago 2002 – Modalità e procedure per l'acquisizione in economia dei beni e servizi da parte di organismi dell'Amm.ne Difesa.
- D.M. 27 set. 2002 – Articolazione in uffici delle strutture del Segretariato Generale della Difesa (art. 13 soppressione Albo Fornitori ed Appaltatori – A.F.A.).
- Circ. GENIODIFE n. 125/002552/BCM datata 19 feb. 2003 – Soppressione Albo Fornitori ed Appaltatori della Difesa A.F.A. – Cat. 900201 – Bonifica del terreno da ordigni esplosivi residuati bellici.

- Circ. SEGREDIFESA n° 829/132/03 datata 19 mar. 2003 – Bonifica del terreno da ordigni esplosivi residuati bellici esplosivi – Soppressione albo fornitori appaltatori della Difesa.
- D.M. – U.G.C.T./04/03 del 21 ott. 2003 – Relativo alla formazione del personale specializzato BCM – Dirigenti Tecnici, Assistenti Tecnici, Rastrellatori.
- Circ. GENIODIFE n° MD/GGEN/01/02635/121/04 datata 4 Nov. 2004 Soppressione Albo Fornitori ed Appaltatori della Difesa (A.F.A.) – Cat. 900201 – Bonifica del sottosuolo da ordigni esplosivi residuati bellici interrati.
- Circ. n. ° MD/GGEN/01/01618/121/601/07 datata 8 mar. 2007 – Bonifica del territorio nazionale da ordigni esplosivi residuati bellici nelle infrastrutture di prevista dismissione.
- Decreto 11 maggio 2015, n. 82, recante “Regolamento per la definizione dei criteri per l'accertamento dell'idoneità delle imprese ai fini dell'iscrizione all'albo delle imprese specializzate in bonifiche da ordigni esplosivi residuati bellici, ai sensi dell'articolo 1, comma 2, della legge 1° ottobre 2012, n.177”, pubblicato sulla G.U. n. 146 del 26/06/2015 ed entrato in vigore il 11/07/2015.
- Direttiva Tecnica GEN-BST 001 - “2^ serie AA.VV. aggiornata al 20 gennaio 2020.

1.2 Personale specializzato

Il lavoro di bonifica dovrà essere svolto da personale in possesso della relativa specializzazione B.C.M. rilasciata dalle competenti autorità militari.

L'impresa specializzata B.C.M. dovrà:

- Notificare, al Genio Militare, con congruo anticipo l'inizio, la variazione e l'ultimazione dei lavori;
- comunicare i vari stati di avanzamento dei lavori relativi all'attività di ricerca onde consentirne tempestivi controlli di competenza;
- trasmettere alla direzione Genio Militare, prima dell'inizio dei lavori, l'elenco di tutto il personale brevettato e non, che sarà impiegato nei lavori stessi indicando le generalità ed il domicilio di ciascuno e, per gli specializzati B.C.M., il numero e data di scadenza dei relativi brevetti, nonché copia fotostatica del brevetto stesso;
- segnalare tempestivamente assunzioni, licenziamenti, trasferimenti e ogni altra variazione riferita al personale;
- comunicare sollecitamente il rinvenimento di tutti gli ordigni esplosivi, di qualsiasi genere e natura (anche alla stazione dei Carabinieri competente territorialmente);
- curare la tenuta del diario dei lavori;
- curare la tenuta dei registri del personale, degli attrezzi e degli ordigni;
- specificare sul diario dei lavori il tipo di apparato rilevatore usato e le modalità di impiego usate;
- mettere, a sue spese, a disposizione degli Organi preposti al controllo, autovettura con relativo autista per sopralluoghi al cantiere, limitatamente alla durata del lavoro e con esclusivo riguardo allo specifico lavoro, ogni volta che se ne ravvisi la necessità. Successivamente alla conclusione dello specifico lavoro l'Impresa Specializzata si obbliga altresì a fornire autovettura e conducente per le operazioni successive a carico del personale dell'Ufficio BCM finalizzate al rilascio del verbale di constatazione.

Per quanto attiene alle assicurazioni contro gli infortuni sul lavoro, si precisa che i relativi oneri saranno a capo dello Stato per effetto delle disposizioni di legge di cui al D.L. C.P.S. dell'1/11/47, n. 1768.

1.3 Bonifica Ordigni Bellici: caratteristiche tecniche

La bonifica sistematica terrestre da un punto di vista tecnico-operativo si distingue in: - bonifica superficiale (BST-S), mirata ad individuare gli ordigni presenti in uno strato superficiale del terreno, di spessore variabile e comunque fino alla profondità di m 1 (uno) in funzione della accertata capacità di indagine degli apparati di ricerca in relazione alla particolare composizione mineralogica del terreno; - bonifica profonda (BST-P), mirata ad individuare gli eventuali ordigni presenti nel volume di terreno interessato da scavi, o da altre azioni di natura invasiva come il movimento dei mezzi meccanici, che possono causare l'esplosione involontaria degli stessi.

Le attività di seguito descritte saranno oggetto della progettazione per la bonifica degli ordigni bellici e dovranno comprendere:

- predisposizione del progetto di bonifica;
- supporto necessario per l'istruzione della pratica di autorizzazione e al personale dell'ufficio BCM di competenza in fase di sopralluogo di verifica di cantiere;
- dovrà rilasciare in duplice copia in bollo dichiarazione di garanzia e responsabilità allegando le planimetrie da cui risultino evidenziate e quantificate le aree bonificate,
- redazione del Piano Operativo di Sicurezza;
- repertazione degli eventuali ordigni rinvenuti e consegna alle competenti Autorità;
- richiesta e svolgimento del sopralluogo di collaudo da parte delle AM competenti con supporto del personale incaricato.

Le aree da bonificare devono essere chiaramente delimitate e deve essere impedito il transito e la sosta a persone estranee ai lavori di bonifica. I mezzi d'opera e di transito devono essere in perfetta efficienza tecnica, inoltre in ogni cantiere deve essere operante per l'intero orario lavorativo giornaliero un posto di pronto soccorso, attrezzato con cassetta di medicazione.

I lavori di bonifica devono essere condotti secondo quanto previsto nelle Prescrizioni Tecniche Militari, nel D.L. del 12.04.46, n° 320 e leggi successive e negli articoli di lavoro del Capitolato Speciale d'Appalto B.C.M. del Ministero della Difesa (ed. 1984).

1.3.2 Pulizia preliminare delle superfici da bonificare con taglio della vegetazione

Tale lavoro viene eseguito preventivamente con lo scopo di eliminare la vegetazione che potrebbe ostacolare l'impiego dell'apparato rilevatore, sulla superficie da sottoporre alle operazioni di bonifica.

Questa fase si svolge con l'impiego di squadre di personale specializzato BCM che, con ispezione a vista e con apparecchi elettronici di superficie, cooperano di intesa con squadre di manovali specializzati che effettuano lo sfalcio delle erbe e il taglio della vegetazione.

Nelle operazioni di lavorazione si prevede il tracciamento dei campi di lavoro consistente nella suddivisione delle aree interessate alla bonifica di zone di 50 m per 50 m dette "campi" numerate secondo una sequenza logica e successivamente in "strisce" di lavoro. Il personale specializzato opera in campi alterni nel rispetto delle norme vigenti sulle distanze di sicurezza da rispettare nel lavoro di bonifica da ordigni esplosivi, distanze che in ogni caso non saranno mai inferiori a 50 metri.

Il materiale di risulta viene accatastato in zona già bonificata e successivamente trasportato a rifiuto. Nel tagliare la vegetazione, devono essere rispettate tutte le possibili cautele atte a evitare il fortuito contatto, sia del personale e sia dei mezzi di lavoro, con eventuali ordigni affioranti; comunque, in terreni presumibilmente infestati da ordigni particolarmente pericolosi (mine, bombe,...), il taglio della vegetazione deve procedere di pari passo con la bonifica superficiale. Durante le operazioni di taglio, nel rispetto delle vigenti disposizioni emanate dall'Autorità Forestale, devono essere salvaguardate – ove possibile – le piante ad alto fusto.

Nel prezzo unitario sono compresi e remunerati tutti gli oneri suddetti, qualunque sia la densità ed il tipo della vegetazione.

1.3.3 Bonifica di superficie da ordigni residuati bellici fino a 1,00 m di profondità dal p.c.

La bonifica superficiale consiste nella ricerca, localizzazione e scoprimento di tutte le masse metalliche e di tutti gli ordigni, mine e altri manufatti bellici esistenti fino a 1 metro di profondità dal piano esplorato. Le aree da bonificare devono essere suddivise in zone di 50 m per 50 m dette "campi" numerate secondo una sequenza logica e successivamente in "strisce" di lavoro sulle quali devono essere effettuate tutte le operazioni e tutti i lavori stabiliti per la bonifica fino a 1,00 m di profondità, impiegando opportune attrezzature, materiali e mezzi idonei a questa particolare esigenza.

Nel caso di aree da bonificare in cui una dimensione prevale nettamente sull'altra, come nel caso di itinerari ferroviari/stradali ovvero scavi di trincea per posa condutture/cavi, i "campi" potranno avere anche lati di dimensione diversa, fermo restando che nessuna dovrà superare i 50 metri. Nel progetto di bonifica dovranno essere chiaramente riportate le coordinate (in WGS 84 GD) relative al perimetro di intervento.

La bonifica deve comprendere:

- l'esplorazione per strisce successive di tutta la zona interessata con apposito apparato rilevatore di profondità;
- lo scoprimento di tutti i corpi e ordigni segnalati dall'apparato, comunque esistenti fino alla profondità di 1 metro nelle aree esplorate.

La bonifica superficiale di tutte le aree interessate ai lavori (comprese quelle di cantiere e le piste di servizio) viene effettuata fino alla profondità di 1,00 m con cercamine tipo Foster, o apparati similari, purché ritenuti idonei dalla direzione dei lavori, per la ricerca e la locazione di masse ferrose. La profondità di bonifica si intende riferita al piano di calpestio dell'area sulla quale saranno eseguite le azioni di controllo con gli apparecchi.

Si reputa opportuno precisare che:

- gli scavi, ai quali si premette la bonifica, dovranno procedere analogamente a tratti successivi (qualunque sia il sistema, la maniera o il mezzo di scavo);
- la bonifica del fondo finale degli scavi dovrà essere sempre eseguita anche se l'altezza dello strato scavato risulti inferiore a 1,00 m.

Una volta rimosso l'oggetto metallico, lo scavo potrà essere riempito utilizzando la terra precedentemente rimossa, dopo aver verificato il fondo scavo con l'apparato di ricerca per accertare che la sorgente dell'anomalia magnetica sia stata totalmente eliminata.

Nel caso in cui, invece, l'oggetto metallico sia riconosciuto come possibile ordigno bellico, dovranno essere attivate le procedure previste al paragrafo 2.3.5 del Documento Unico di Bonifica Bellica Sistemica Terrestre (annesso III alla direttiva tecnica).

1.3.4 Bonifica effettuata mediante il metodo dello scavo e cernita del terreno per strati successivi oltre la profondità di 1,00 m dal p.c.

La bonifica in profondità viene eseguita per ricercare, individuare e localizzare ordigni o masse ferrose interrate nelle aree ove è prevista la realizzazione di opere civili e scavi a sezione obbligata e/o sbancamento che dovessero superare la profondità di 1,00 m dal p.c. e viene effettuata con trivellazioni non a percussione. La bonifica mediante trivellazioni deve essere attuata per l'intera area interessata alla garanzia e per l'intera profondità per la quale è richiesta la garanzia stessa.

Dopo aver effettuato la bonifica superficiale la zona deve essere suddivisa in quadrati aventi il lato di 2,80 metri. Al centro di ciascun quadrato, a mezzo di trivellazioni non a percussione, viene praticato un foro capace di contenere la sonda dell'apparato rilevatore. Detta perforazione viene eseguita inizialmente per una profondità di 1,00 metro, corrispondente alla quota garantita con la bonifica superficiale; successivamente nel foro già praticato e fino al fondo di questo si introduce la sonda dell'apparato rilevatore, che, predisposto a una maggiore sensibilità radiale, è capace di garantire la rilevazione di masse ferrose interrate entro un raggio di 2,00 metri. Per la ricerca a maggiore profondità si procede con trivellazioni progressive di 2,00 metri per volta, operando con la sonda dell'apparato rilevatore.

I vari quadrati in cui è stata suddivisa la zona da bonificare devono essere preventivamente numerati. Come per i "campi" anche per ogni quadrato dovranno trascriversi sul giornale dei lavori le operazioni di trivellazione e l'esito dei progressivi sondaggi. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di controllare materialmente gli esiti dei sondaggi trascritti sul giornale dei lavori.

Le perforazioni devono raggiungere la quota di -5,00 m di profondità dal presunto p.c. del periodo bellico e sono limitate al raggiungimento dello strato roccioso. Per ricerche a maggiori profondità, si procede con trivellazioni progressive di 2,00 metri per volta, operando poi con la sonda rilevatrice.

Ove è prevista la compattazione del terreno per la realizzazione di particolari opere che non prevedono scavi superiori al metro dal livello del p.c. (rilevati,...), sull'area in questione dovrà essere effettuata la bonifica profonda mediante trivellazioni spinte fino a - 2,00 metri dal p.c. originario.

Nel caso di bonifica profonda eseguita con la metodologia degli strati successivi per ogni esplorazione eseguita su ciascuno strato da scavare nonché sul fondo finale degli scavi, dovrà essere presentata specifica dichiarazione di garanzia accompagnata dalla relativa richiesta di verbale di constatazione. La presenza di falde d'acqua dovrà essere tempestivamente comunicata all'Ispettorato delle Infrastrutture dell'Esercito - Reparto Infrastrutture per eventuali ulteriori prescrizioni.

La constatata presenza di banchi rocciosi compatti e affioranti escludono la bonifica in profondità oltre il metro. Qualora sull'originario p.c. dovesse essere riscontrata la presenza di terreno di riporto, anche quest'ultimo dovrà essere interessato dalla bonifica. Le perforazioni devono svilupparsi a partire dal perimetro dell'area interessata, in modo tale da garantire una fascia di sicurezza di 1,40 metri lungo il perimetro stesso.

La profondità delle perforazioni non deve comunque superare i 5,00 metri dal presunto piano campagna del periodo bellico, a meno che il terreno non risulti particolarmente molle e limaccioso. Tale situazione, constatata dopo i primi sondaggi e verifiche, deve essere tempestivamente rappresentata all'Ispettorato delle Infrastrutture dell'Esercito – Reparto Infrastrutture, che stabilirà l'eventuale nuova quota di indagine.

1.3.5 Bonifica sistematica in presenza di scavi archeologici

In caso di particolari esigenze di tutela espresse dalle Soprintendenze Archeologiche nonché delle determinazioni a cura specifica dell'OEP competente per territorio, come dichiarato dall'articolo "ID BST-ARCH-001 – Bonifica sistematica in presenza di scavi archeologici" dalla direttiva "GEN-BST 001 - 2° edizione del 2020", si utilizzerà esclusivamente la bonifica superficiale seguita da un verbale di validazione a cura del Reparto Infrastrutture competente per territorio.

Successivamente si procederà con il subentro della ditta archeologica che potrà procedere in autonomia ad effettuare lo scavo a mano fino a 100 centimetri di profondità. Al termine dovrà nuovamente subentrare la ditta BCM per effettuare una nuova bonifica superficiale seguita da un altro verbale di validazione.

Tale procedura sarà reiterata fino al raggiungimento della quota di profondità prevista.

Qualora durante le bonifiche superficiali successive si dovessero riscontrare anomalie ferromagnetiche, si dovrà procedere con il metodo dello scavo per strati successivi.

1.4 Scavo per recupero e rimozione degli ordigni bellici

1.4.1 Scavo per recupero ordigni bellici

Gli scavi finalizzati al recupero degli ordigni bellici e delle masse ferrose devono essere eseguiti a strati successivi. Nelle fasi di ricerca superficiale gli scavi devono essere effettuati esclusivamente a mano con precauzione e attrezzature adeguate alla particolarità e ai rischi dell'operazione.

Gli scavi finalizzati al recupero delle masse profonde, invece, possono essere effettuati con mezzi meccanici con azionamento oleodinamico fino a una quota un metro più elevata di quella della massa ferrosa da rimuovere (e in ogni modo per strati non superiori a 70/90 cm per volta), la restante parte dello scavo deve essere eseguita a mano. Gli scavi di lavoro sono da compiere in terreni di qualsiasi genere, natura e consistenza con mezzi meccanici per consentire l'avvicinamento ai ritrovati oltre la profondità di 1,00 m e avranno una inclinazione necessaria a impedire franamenti delle pareti per consentire in sicurezza il lavoro di rastrellatura. L'acqua derivante dallo scavo dovrà essere aggettata e allontanata.

Le quantità scavate, andranno contabilizzate secondo la loro effettiva dimensione geometrica.

Gli scavi potrebbero interessare terreni fino ad una profondità di 8,00 (otto) metri dal piano di campagna.

Tutti gli scavi devono essere effettuati sotto la sorveglianza di un assistente tecnico B.C.M. o di un rastrellatore B.C.M.. Al termine della bonifica, tutte le aree scavate devono essere

convenientemente rinterrate, con materiale proveniente dagli scavi o di fornitura dell'Appaltatore, per ripristinare il preesistente stato dei luoghi.

1.4.2 Rimozione degli ordigni bellici

Gli ordigni bellici devono essere lasciati in sito, provvedendo ad apposita segnaletica e protezione fino all'intervento degli uomini dell'Amministrazione Militare. Il ritrovamento deve essere tempestivamente comunicato per iscritto alla competente Amministrazione Militare, alla Direzione Lavori e ai Carabinieri.

La distruzione degli ordigni bellici non trasportabili deve essere effettuata in loco previa adozione delle necessarie misure di sicurezza. Il brillamento deve essere attuato da tecnici predisposti dall'Amministrazione Militare o, purché dalla stessa prescritto e autorizzato, dai tecnici B.C.M. dell'impresa. Gli ordigni bellici rimossi e accantonati dovranno essere giornalmente trasportati e consegnati nelle aree indicate dall'Amministrazione Militare.

I mezzi utilizzati per il trasporto degli ordigni bellici dovranno essere idonei allo scopo, perfettamente efficienti, muniti di regolari permessi e coperti da adeguate assicurazioni.

1.5 Norme di sicurezza e relative agli oneri e responsabilità

I lavori di bonifica devono essere eseguiti con tutte le particolari precauzioni intese a evitare danni alle persone e alle cose, osservando a tale scopo le vigenti disposizioni e le norme tecniche d'esecuzione richiamate dalle Prescrizioni Tecniche Militari.

Attorno alle zone da bonificare devono essere adeguatamente collocati appositi cartelli indicatori di pericolo ed eventuali sbarramenti; all'occorrenza, l'Impresa dovrà richiedere alle competenti Autorità l'emanazione di speciali provvedimenti per disciplinare il transito nelle zone da bonificare e nelle loro adiacenze. Tali provvedimenti dovranno essere applicati scrupolosamente e diligentemente, in modo da consentire e garantire l'esecuzione in forma razionale dei lavori.

Inoltre, in merito ai lavori di bonifica l'impresa assume ogni onere, gravame, conseguenza e responsabilità per tutto ciò che potrebbe accadere durante e dopo l'esecuzione dell'appalto per cause ed implicazioni dirette e indirette. L'impresa, a mente dell'ultimo comma dell'art. 9 del D.L. luogotenenziale 12/04/1946, n. 320, deve dichiarare di assumersi l'onere del risarcimento dei danni che potrebbero essere provocati da mine ed altri ordigni lasciati inesplosi, nonostante l'esecuzione dei lavori.

1.6 Collaudo finale dei lavori di bonifica

Il collaudo delle attività di bonifica verrà eseguito secondo le modalità prescritte dall'Amministrazione Militare. Al collaudo tecnico procede l'Amministrazione Militare (in seguito alla richiesta della Committenza) entro e non oltre un mese dalla data di ultimazione accertata con relativo verbale dei lavori di bonifica, d'intesa con il collaudatore incaricato dalla Committenza.

1.7 Prescrizioni tecniche per la redazione degli elaborati

Le attività sopra descritte relative al progetto per la bonifica degli ordigni bellici prevedono la redazione dei seguenti elaborati:

- Relazione

- Planimetrie

Relazione

La Relazione cita i documenti normativi di riferimento, illustra nel dettaglio le modalità di individuazione delle aree da bonificare, descrive le modalità della bonifica e della rimozione degli ordigni bellici, le norme di sicurezza e collaudo finale.

Planimetrie

Vengono redatte tavole planimetriche di dettaglio, a scala 1:2000, 1:1.000 e/o 1:500 a seconda delle necessità di progetto e della base cartografica a disposizione, con la delimitazione dell'area interessata dal progetto, l'area interessata dalla pulizia preliminare (taglio vegetazione), l'individuazione delle zone interessate da bonifica superficiale e da bonifica profonda e definizione del metodo di ricerca degli ordigni bellici e quantificazione areale delle superfici da trattare.



Anas S.p.A.

Via Monzambano, 10 - 00185 Roma

www.stradeanas.it

Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

IT.PRL.05.08 - Rev. 1.0

Scavi e indagini archeologiche

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Direttore Ingegneria e Verifiche	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	APR. 2021

Sommario

1. PREMESSA 5	
2. PRESCRIZIONI GENERALI	6
2.1. Finalità degli studi archeologici	6
2.2. Normativa di riferimento	6
3. RUOLI E COMPETENZE.....	7
3.1. Requisiti dell'impresa	7
3.2. Direzione scientifica	7
3.3. Direzione tecnica	7
3.4. Organigramma del cantiere.....	8
3.5. Direttore del cantiere di scavo	9
3.6. Operatori archeologici	9
4. ARCHEOLOGIA ESECUTIVA: INDAGINI ARCHEOLOGICHE DIRETTE ED INDIRETTE	9
4.1. Indagini indirette: caratteristiche tecniche	10
4.1.1. Prospezione magnetica.....	10
4.1.2. Prospezione elettrica (Tomografia elettrica)	10
4.1.3. Prospezione elettromagnetica (FDEM).....	12
4.1.4. Prospezione elettromagnetica con metodo georadar	13
4.2. Indagini dirette: caratteristiche tecniche	13
4.2.1. Sondaggi a carotaggio continuo.....	14
4.2.2. Sondaggi archeologici.....	15
4.2.3. Scavi archeologici stratigrafici in estensione.....	17
4.3. Sorveglianza archeologica in corso d'opera.....	17
5. SCAVI ARCHEOLOGICI: SPECIFICHE TECNICHE	18
5.1. Programmazione delle attività.....	19
5.2. Fasi di cantiere	19
5.3. Operazioni preliminari	19
5.4. Approntamento del cantiere	20
5.4.1. Cantiere sondaggi archeologici	20
5.4.2. Cantiere scavi archeologici estensivi.....	21
5.4.3. Diserbo.....	22
5.5. Lo scavo archeologico: caratteristiche tecniche	22
5.5.1. Scavo meccanico	22

5.5.2.	Scavo stratigrafico manuale	23
5.5.3.	Attività di rinterro.....	25
5.5.4.	Raccolta e gestione dei reperti.....	25
5.5.5.	Documentazione scientifica	26
5.5.6.	Operazioni di post-scavo	28
5.6.	Durata delle prestazioni.....	28
5.7.	Collaudo	28
5.8.	Oneri dell'appaltatore.....	28
6.	PRODUZIONE DEGLI ELABORATI: SPECIFICHE TECNICHE.....	29
6.1.	Informatizzazione degli elaborati.....	30
6.2.	Consegna degli elaborati	30
7.	PRESCRIZIONI DI ASSICURAZIONE QUALITÀ E SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE	31
7.1.	Obiettivi - Campo di Applicazione - Documenti Correlati	31
7.2.	Onnicomprensività del compenso	31
7.3.	Prescrizioni generali.....	31
7.4.	Gestione delle Non Conformità (NC)	32
7.5.	Registrazione dei controlli	32
7.6.	Verifiche Ispettive	32
7.7.	Sistema di Gestione Ambientale (UNI EN ISO 14001:2004).....	33

1. PREMESSA

Il presente capitolato speciale, parte integrante del rapporto fra "Committente" ed "Impresa esecutrice" integra lo schema di contratto, descrivendo gli scopi, la natura, le modalità di intervento e la corretta esecuzione delle attività di archeologia preventiva ovvero l'insieme delle indagini archeologiche dirette ed indirette, che vengono effettuate nell'ambito dei lavori pubblici sottoposti a regime di tutela del patrimonio dello Stato. Tali indagini, rientranti nell'ambito di interventi di archeologia preventiva, sono sottoposte alla normativa del Codice dei Contratti Pubblici (D.Lgs 50/2016 e s.m.i.); ai relativi decreti ministeriali e linee guida dell'Anac attuativi delle disposizioni codicistiche e, nelle more dell'emanazione dei decreti, ad alcune disposizioni del previgente Regolamento degli appalti DPR 207/2010 (cfr. D.lgs. 50/2016 art. 217, co. 1, lett. u). Tali indagini vengono effettuate in regime di aree di interesse archeologico, ai sensi degli artt. 28 e 88, del Codice dei Beni Culturali, a cura e spese della Stazione Appaltante.

Le indicazioni contenute nel presente Capitolato sono da ritenersi vincolanti e imprescindibili sia per i progettisti e i direttori di lavori, sia per gli appaltatori. Il presente capitolato è stato redatto tenendo presente la prassi di riferimento e nel rispetto della normativa vigente in materia di tipo legislativo, procedurale ed esecutivo come esplicitato nel par. 2.2.

Il presente Capitolato Speciale deve essere visto come un ausilio metodologico e pratico, volto a definire i criteri guida a cui attenersi per l'esecuzione dei lavori e per la selezione delle maestranze da impiegare nonché ad indicare la natura delle opere da eseguire e le corrette procedure da applicare con riferimento alla normativa vigente sopramenzionata. E' necessario tenere presente che le attività di archeologia esecutiva sono particolarmente complesse, svolgendosi su un oggetto ipotizzabile o solo parzialmente noto, raramente delimitabile con esattezza nella misura, nei contenuti e nelle definizioni, poiché basato sulla occasionale stratificazione, in un determinato punto, di livelli succedutisi per vicende storiche largamente imprevedibili ed imprevedibili sia nella loro evoluzione positiva, sia nelle eventuali vicende di modifica, alterazione, disturbo. Questo implica che le diverse fasi di progettazione e operatività di cantiere debbano interagire strettamente tra loro ed influenzarsi reciprocamente e sia impossibile prevedere una descrizione esaustiva dei lavori e di conseguenza un capitolato di oneri ben definiti e descritti.

Diviene pertanto esigenza primaria durante tutte le fasi di lavorazione, la presenza continuativa dell'archeologo, il quale dovrà svolgere la sua specifica mansione professionale di riconoscimento delle variazioni stratigrafiche e della valutazione qualitativa e quantitativa delle risultanze dello scavo, dovrà seguire le indicazioni della Direzione Scientifica (Soprintendenza) al fine di garantire le esigenze della tutela, la correttezza metodologica delle procedure adottate. Per le stesse ragioni le indicazioni della Direzione Scientifica potranno variare in itinere, in base ad eventuali nuovi dati emersi. Dovranno essere tenute presenti nel contempo le finalità del Committente, così come descritte nel Progetto Generale. Le lavorazioni descritte nel presente capitolato possono essere effettuate e contabilizzate a misura, a corpo ed in economia. Di norma il ricorso all'economia è ammesso, nel caso degli scavi archeologici, per gli interventi che non sono suscettibili di valide stime geometriche preventive e che non sarebbe opportuno affidare altrimenti. Il presente capitolato si completa con un elenco prezzi, in cui sono riportate le lavorazioni computabili a misura.

Al fine di consentire l'esecuzione delle indagini, ove necessario e ove le aree non siano già state espropriate, la Stazione Appaltante avvierà le procedure di propria competenza per l'occupazione

temporanea delle aree, ai sensi dell'art 15 del Codice Unico Espropri. I cantieri saranno allestiti nel rispetto della normativa vigente in materia di sicurezza a cura e spese della Stazione Appaltante.

2. PRESCRIZIONI GENERALI

2.1 Finalità degli studi archeologici

L'esecuzione di attività archeologiche preventivamente alla realizzazione dell'opera ha il fine di chiarire la natura e l'estensione delle presenze archeologiche eventualmente presenti, documentate o presunte, nelle aree oggetto di realizzazione e di cantierizzazione, con lo scopo di ridurre al minimo il rischio di intercettare beni di interesse archeologico il cui ritrovamento in corso d'opera, oltre a creare danni al patrimonio, presuppone rallentamenti o peggiori interruzioni nella realizzazione dell'infrastruttura.

Nello Studio di Fattibilità Tecnico Economica vengono svolte tutte le attività previste per l'acquisizione, l'analisi e sintesi dei dati: raccolta dei dati bibliografici e di archivio; analisi cartografica attuale e storica; analisi toponomastica; fotointerpretazione, telerilevamento; ricognizione sul territorio, per di analizzare la Valutazione di Potenziale Archeologico dell'area interessata dall'opera e la valutazione del Rischio Archeologico Relativo rispetto al tracciato dell'infrastruttura, cantieri, cave ed opere accessorie: tutte queste informazioni convergono nella relazione archeologica corredata da elaborati grafici come esplicitato nel "Capitolato d'oneri per la redazione dello Studio Archeologico ai fini della verifica preventiva dell'interesse archeologico" dell'AQ.

A seguito delle risultanze dello studio, qualora la Soprintendenza attivi la procedura di Verifica dell'interesse archeologico, ai sensi del comma 8 dell'art 25 Dlgs. 50/16, in relazione alle prescrizioni espresse, si potranno eseguire prospezioni e sondaggi finalizzati alla determinazione quanti-qualitativa delle eventuali successive indagini archeologiche. La scelta del tipo di indagine archeologica da adottare, indiretto (ad es. prospezioni geofisiche, etc..) - diretto (carotaggi, trincee esplorative e/o saggi stratigrafici), a discrezione della Soprintendenza, sarà motivata dalla costituzione geolitologica dei terreni nei quali risulterà inserito l'elemento archeologico, dalle condizioni logistiche dell'area oggetto dell'intervento di prospezione, nonché gli eventuali disturbi causati dalle infrastrutture dei centri abitati e industriali, dalle linee elettriche e ferroviarie.

2.2 Normativa di riferimento

La seguente normativa di riferimento è da ritenersi cogente per l'esecuzione delle attività in parola che dovrà svolgersi nel rispetto della normativa vigente in materia di tipo legislativo, procedurale ed esecutivo ovvero dalla legislazione che regolano la materia dei beni culturali (Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio D.lgs. 42/2004 e s.m.i.) e dei lavori e degli appalti pubblici (art. 25 del D.lgs. 50/2016 e s.m.i.) relativi decreti ministeriali e linee guida dell'Anac attuativi delle disposizioni codicistiche e nelle more dell'emanazione dei decreti, alcune disposizioni del previgente Regolamento degli appalti DPR 207/2010 (cfr. D.lgs. 50/2016 art. 217, co. 1, lett. u); Capitolato generale d'appalto dei LL.PP. emanato con D.M. 145/2000);

Ci si attiene, inoltre:

- alle indicazioni esplicative in materia di archeologia preventiva contenute nella circolare MIBAC 1 del 20.01.2016;
- alle indicazioni del "Regolamento per gli appalti pubblici di lavori riguardanti i beni culturali tutelati"(DM 154/2017) ai sensi del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42";
- ai documenti emanati dall'ICCD, dall'UNI e dall'UNI/ISO e, per quest'ultima, alla Prassi di riferimento UNI/PdR 16 del 2016, consistente nelle linee guida per le attività di archeologia esecutiva; documento definisce i requisiti relativi alle attività di esecuzione di sondaggi esplorativi, assistenza archeologica in corso d'opera e scavo archeologico stratigrafico condotti da imprese specializzate in lavori di archeologia esecutiva.

3. RUOLI E COMPETENZE

3.1 Requisiti dell'impresa

Per i lavori nel settore dei beni culturali è richiesto il possesso di requisiti di qualificazione specifici e adeguati ad assicurare la tutela del bene oggetto di intervento, in conformità a quanto disposto dagli articoli 9-bis e 29 del D.Lgs. 42/2004; nei contratti non trova applicazione l'istituto dell'avalimento (art. 146 del Codice dei Contratti Pubblici D.lgs. 50/2016).

Nei cantieri di indagine archeologica, i requisiti di qualificazione degli esecutori dei lavori e le modalità di verifica ai fini dell'attestazione, sono stabiliti dal decreto del Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo di concerto con il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti *Decreto ministeriale 22 agosto 2017, n. 154* "Regolamento sugli appalti pubblici di lavori riguardanti i beni culturali tutelati ai sensi del d.lgs. n. 42 del 2004, di cui al decreto legislativo n. 50 del 2016 (G.U. n. 252 del 27 ottobre 2017). In particolare per quanto attiene i requisiti richiesti si rimanda al testo del *Decreto ministeriale 22 agosto 2017, n. 154* al Titolo II, Capo I, "Requisiti di qualificazione degli esecutori di lavori riguardanti i beni culturali" come esplicitati negli artt. 4,5,6,7,8,9,10,11,12.

3.2 Direzione scientifica

A norma dell'art. 88 del D.Lgs. 42/2004 la competenza in materia di ricerche archeologiche è dello Stato, che, fatto salvo quanto indicato dallo stesso relativamente alle concessioni di scavo, la esercita tramite la Soprintendenza Archeologica territorialmente competente. Pertanto alla Soprintendenza Archeologica territorialmente competente spetta la Direzione Scientifica (d'ora in poi D.S.) dei cantieri archeologici, che esercita attraverso un suo funzionario archeologo. La D.S. vigila sul mantenimento da parte delle imprese esecutrici dei requisiti di ordine speciale di qualificazione secondo quanto previsto nel *Decreto ministeriale 22 agosto 2017, n. 154*, Titolo II, Capo I (qui richiamati nel par. 3.1), coordina ed impartisce le direttive specifiche alla Direzione Lavori dell'intervento, anche ai fini dell'interrelazione delle diverse fasi dello stesso, che si avvale degli archeologi professionisti ai quali affidare i compiti del presente Capitolato.

3.3 Direzione tecnica

L'impresa esecutrice delle attività di archeologia esecutiva nomina il direttore tecnico dei lavori, i cui requisiti di qualificazione e le modalità di verifica ai fini dell'attestazione sono stabiliti dal Decreto ministeriale 22 agosto 2017, n. 154 "Regolamento sugli appalti pubblici di lavori riguardanti i beni

culturali tutelati ai sensi del d.lgs. n. 42 del 2004, di cui al decreto legislativo n. 50 del 2016 (G.U. n. 252 del 27 ottobre 2017). In particolare per quanto attiene i requisiti richiesti si rimanda al testo del Decreto ministeriale 22 agosto 2017, n. 154 al Titolo II, Capo II "Requisiti di qualificazione dei Direttori Tecnici" come esplicitati negli artt. 1,2,3,4,5,6. Si richiama in particolare l'art. 3 lett. c - dove si specificano i requisiti della Direzione tecnica per i lavori di cui al presente capitolato - "relativamente alla categoria OS 25, a soggetti in possesso dei titoli previsti dal decreto ministeriale di cui all'articolo 25, comma 2, del Codice dei contratti pubblici".

Il direttore tecnico dell'impresa, cui competono gli adempimenti di carattere tecnico organizzativo necessari per la realizzazione dei lavori, costituisce la figura di collegamento tra l'Impresa esecutrice, la Direzione Lavori (D.L.) o Committenza e la D.S. (funzionario archeologo della Soprintendenza). In particolare il direttore tecnico dell'impresa:

- garantisce la propria presenza in cantiere e segue regolarmente i lavori, personalmente o tramite specifica delega a un direttore di cantiere;
- cura l'esecuzione del progetto relativo alle Attività di archeologia esecutiva approvato sulla base delle direttive impartite dalla D.S.;
- relaziona periodicamente per iscritto al Direttore Lavori e al funzionario archeologo della Soprintendenza; - segnala con tempestività ogni criticità che presenti rischio per la tutela del patrimonio culturale e ogni altra situazione che osti al regolare andamento dei lavori;
- predispone, sulla base delle indicazioni fornite dal funzionario archeologo, organigramma del cantiere archeologico di cui all'articolo seguente e le modalità operative di esecuzione dei lavori per la successiva approvazione del Direttore Lavori; eventuali variazioni, anche temporanee, dovranno essere autorizzate dalla D.S.

3.4 Organigramma del cantiere

A seconda della complessità dei lavori, l'organigramma di cantiere può prevedere figure di responsabili archeologi di settore, di eventuali specialisti di discipline affini e/o correlate, di archeologi addetti a lavori di scavo manuale e documentazione, di operai specializzati qualificati o comuni, di tecnici grafici/informatici, di archeologi addetti al magazzino, di restauratori. I responsabili archeologi di settore, il direttore del cantiere di scavo e il direttore tecnico dell'impresa ricevono le direttive scientifiche dalla D.S.

L'elenco completo dei tecnici, che l'Appaltatore intende impiegare per l'esecuzione dei lavori, deve essere presentato con i relativi *curricula* professionali al Committente per accettazione da parte di quest'ultimo e della D.S. Eventuali requisiti specifici dei tecnici impiegati per l'esecuzione dei lavori, richiesti dalla D.S. in fase progettuale, sono specificati nella Relazione programmatica allegata al progetto delle Attività di archeologia esecutiva. Tutti i tecnici presenti sul cantiere sono tenuti ad eseguire rigorosamente le indicazioni della D.L. e della D.S., in particolare per quanto attiene la successione delle varie operazioni di scavo e documentazione. Essi non possono assumere determinazioni di carattere amministrativo, bensì sono responsabili della corretta applicazione delle modalità di esecuzione degli accertamenti archeologici, indicate dalla D.L. e dalla D.S. e della corretta redazione della documentazione. Devono inviare un report sintetico settimanale sui lavori di indagine in corso, attraverso posta elettronica. Per l'esecuzione delle indagini archeologiche si impiegano i tecnici indicati nei paragrafi sottostanti e i cui requisiti di qualificazione e le modalità di verifica ai fini

dell'attestazione, sono stabiliti dal decreto del Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo di concerto con il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti (D.Lgs. 50/2016, art. 146 co. 4).

3.5 Direttore del cantiere di scavo

Il direttore del cantiere di scavo, corrispondente al direttore tecnico dell'impresa esecutrice delle attività di archeologia esecutiva o a persona da lui delegata (cfr. art. 3.3), deve possedere un'esperienza almeno quinquennale di responsabilità direttiva su cantieri archeologici; il suo nominativo e *curriculum* deve essere preventivamente comunicato alla D.S. per l'approvazione e deve essere il medesimo per tutta la durata dello scavo archeologico, garantendo una presenza costante sullo stesso. In caso di assenza o rinuncia all'incarico, giustificata da motivi validi, deve essere sostituito da persona con pari requisiti.

Il direttore del cantiere di scavo coordina il lavoro del personale di qualsiasi livello, le attività di scavo e documentazione; controlla l'efficienza e la sicurezza degli scavatori, coordinando o sostituendo i responsabili di settore; redige il giornale di scavo/ giornale di cantiere; relaziona periodicamente alla D.S. e alla D.L. o Committenza seguendone le direttive; ha la potestà di trattare con i fornitori, provvedendo all'approvvigionamento dei materiali; ed è altresì tenuto, ove se ne renda necessario e sentito il parere della D.S., a provvedere per tempo al coinvolgimento di professionalità e specialisti specifici.

3.6 Operatori archeologici

Gli operatori archeologici devono essere specializzati in archeologia e/o geo-archeologia ed i loro nominativi e *curricula* devono essere preventivamente comunicati alla D.S. per l'approvazione. Gli operatori archeologi provvedono con puntuale azione di verifica e presenza costante durante lo scavo, all'individuazione, ricognizione e documentazione di stratigrafie e/o reperti di interesse archeologico. L'esecuzione materiale dell'indagine archeologica diretta (scavo, esecuzione dei sondaggi geo-archeologici a carotaggio continuo, assistenza archeologica in corso d'opera cfr. par. 4.2) va affidata ad operai qualificati e, se richiesto, specializzati sotto il controllo dell'archeologo, salvo in casi di particolare difficoltà dello scavo, ove viene eseguita dallo stesso archeologo. Quest'ultimo si occupa del trattamento preliminare dei reperti sul campo.

Relativamente alla lettura dei sondaggi geo-archeologici a carotaggio continuo gli operatori archeologi, addetti devono: avere esperienze pregresse comprovate in tale campo; essere presenti nel corso dell'esecuzione di tali sondaggi e redigere la documentazione necessaria affiancati da un geologo o geo-pedologo o geo-morfologo con esperienza geo-archeologica (cfr. par. 3.1).

4. ARCHEOLOGIA ESECUTIVA: INDAGINI ARCHEOLOGICHE DIRETTE ED INDIRECTE

L'attivazione della procedura di verifica preventiva dell'interesse archeologico, ai sensi del comma 8, art. 25 D.Lgs 50/2016 "si articola in fasi costituenti livelli progressivi di approfondimento dell'indagine archeologica". A tal fine, in esito alle indagini archeologiche preliminari, ai sensi del comma 1, art. 25 del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i., ed alla segnalazione di elementi archeologicamente significativi, si prevede, per approfondimenti progressivi, l'esecuzione di "a) carotaggi; b) prospezioni geofisiche e geochimiche;

c) saggi archeologici e, ove necessario, di sondaggi e di scavi anche in estensione tali da assicurare una sufficiente campionatura dell'area interessata dai lavori.”.

Potranno essere previste metodologie di tipo sia indiretto (prospezioni geofisiche e geochimiche) che diretto (sondaggi a carotaggio continuo, sondaggi di scavo, trincee esplorative, saggi esplorativi).

Nei paragrafi di seguito si espongono nel dettaglio le caratteristiche tecniche.

4.1 Indagini indirette: caratteristiche tecniche

Nei successivi paragrafi si riportano in sintesi le caratteristiche tecniche delle indagini archeologiche indirette, quali: prospezione magnetica, prospezione elettrica, prospezione elettromagnetica, prospezione con radar.

4.1.1 *Prospezione magnetica*

La prospezione magnetica rappresenta la principale e più impiegata tecnica d'indagine applicata alla ricerca archeologica, ciò per la rapidità d'investigazione e per la conseguente economicità d'impiego; essa studia anomalie magnetiche dovute al contrasto di proprietà tra manufatto e mezzo circostante. La metodologia si basa sulla misura delle variazioni del campo magnetico terrestre o del suo gradiente. Le variazioni magnetiche sono provocate dal contrasto della suscettività magnetica (proprietà caratteristica degli elementi) che caratterizza l'oggetto della ricerca (le strutture archeologiche sepolte) e il terreno che lo contiene, contrasto che può essere più o meno marcato in rapporto alla concentrazione della magnetite presente nelle strutture archeologiche, o nel terreno. In generale, tale contrasto risulta essere forte quando è alto il contenuto di magnetite in uno dei due elementi, o quando sono subentrati fenomeni di stress termico sugli elementi stessi. È il caso, ad esempio, dei materiali in cotto (laterizi, ceramica, ecc.) o dei materiali venuti direttamente a contatto del fuoco (focolari, fornaci, ecc.); il calore agisce a livello atomico sull'orientazione dei singoli dipoli magnetici, che tendono a disporsi tutti secondo la direzione del campo magnetico terrestre presente in quel luogo e in quel dato momento. Il successivo rapido raffreddamento “congela” l'orientamento magnetico acquisito (magnetizzazione termica). Una concentrazione di laterizi sepolti nel terreno naturale, ad esempio, presenta valori magnetici decisamente superiori (anche di parecchie decine di ordini di grandezza) rispetto a quelli del fondo naturale e può, pertanto, essere agevolmente individuata con la prospezione magnetica.

4.1.2 *Prospezione elettrica (Tomografia elettrica)*

Il principio metodologico si basa sostanzialmente sulla misura del campo elettrico creato artificialmente nel terreno con appositi dispositivi elettrodi, costituiti normalmente da due coppie di elettrodi infissi nel terreno, dei quali: la prima coppia costituisce il circuito di iniezione di corrente, la seconda il circuito di misura della differenza di potenziale provocata nel terreno dal passaggio della corrente stessa. Più in particolare, si misurano le variazioni di tale campo elettrico indotte dalle strutture presenti nel sottosuolo. Queste variazioni possono essere più o meno accentuate in funzione del contrasto di resistività elettrica (il parametro fisico che viene misurato) esistente fra le strutture archeologiche (o qualsiasi altro elemento estraneo) e il terreno inglobante le stesse. Nella prospezione geoelettrica per ricerca archeologica si utilizza sempre più frequentemente una particolare configurazione elettrodica, chiamata “polo-polo”, che rappresenta una evoluzione dei tradizionali sistemi di misura impiegati. Tale configurazione è costituita da una doppia coppia di elettrodi, formata ognuna da un polo di corrente e da un polo di potenziale. Nelle operazioni di misura, mentre una

coppia rimane fissa a rappresentare il punto di riferimento, l'altra coppia, quale sistema di acquisizione dati, si sposta sul terreno su tutti i punti di misura. La tecnica "polo-polo" consente di ottenere due sostanziali vantaggi rispetto a quelle tradizionali Wenner o Schlumberger, vale a dire: una maggiore precisione e velocità di misura e un'alta sensibilità di discriminazione delle irregolarità elettriche potenzialmente legate alle strutture archeologiche. Anche in questo caso, come per le prospezioni magnetiche, esistono speciali strumentazioni appositamente sviluppate e strutturate per la prospezione archeologica. Si tratta, normalmente di apparecchiature elettroniche, portatili, di ridotte dimensioni, dotate di un sistema di acquisizione dati e di un data logger, governato da software appositamente dedicato per la programmazione di rilievi a griglie di misura regolari. I risultati ottenuti dalla elaborazione dei dati acquisiti, mediante altrettanto specifici programmi di calcolo e trattamento dati, vengono rappresentati graficamente sotto forma di carte di valori di resistività (o di resistenza) con le quali viene visivamente evidenziato, normalmente mediante isolinee, l'andamento planimetrico del parametro elettrico misurato. La prospezione elettrica può risultare particolarmente favorevole nella delimitazione di strutture e murarie e di tracciati lineari. In questo caso, ove siano emersi indizi di presenza e l'orientamento a seguito di indagini preliminari, andranno programmati profili orizzontali di resistività secondo maglie parallele e ortogonali alla struttura sepolta. Nel caso di un sito di indagine caratterizzato dalla presenza di acqua superficiale o dalla esistenza di una superficie di falda a scarsa profondità, ci si avvale del metodo geoelettrico con l'esecuzione di profili dipolari di resistività in configurazione tomografica. Il quadripolo di solito utilizzato è il "dipolo - dipolo" in configurazione equatoriale, secondo il quale la coppia di elettrodi di corrente e di potenziale, accoppiati separatamente, sono allineati lungo una retta passante per i rispettivi centri di misura. Questa configurazione elettronica viene in genere impiegata quando si devono raggiungere ragguardevoli profondità di investigazione in condizioni logistiche precarie. Le misure di resistività apparente vengono eseguite tenendo fissa la posizione di una coppia di elettrodi e muovendo l'altra coppia di una distanza pari all'interasse del dipolo. Si assume che la resistività apparente di ciascuna misura sia relativa al punto individuato dall'intersezione di due linee, proiettate a 45°, che partono dai centri delle coppie di elettrodi di potenziale e di corrente. La profondità teorica di investigazione è quindi pari alla metà della distanza tra i due centri di misura. Spostando lungo la linea del profilo il dipolo tenuto precedentemente fisso e ripetendo la procedura, si ottiene una serie di valori di resistività apparente che vanno a formare una "pseudosezione" di resistività. I dati di resistività apparente sono elaborati con un apposito programma in grado di ricostruire per inversione numerica 2D un modello di resistività reali dei terreni sottostanti. Al termine di questa elaborazione si ottiene una sezione tomografica che mostra l'andamento e la distribuzione delle linee di isoresistività. Il dettaglio di definizione del sottosuolo evidenzia le zone di anomalia positiva e/o negativa riconducibili a cavità, cunicoli, variazioni litologiche sia verticali sia orizzontali, preesistenze archeologiche, presenza di inquinanti e ogni genere di anomalia elettrica del terreno. Le cavità, dato che la corrente elettrica non si propaga nel vuoto (resistività infinita), sono segnalate da una anomalia positiva di resistività. Nei casi di cavità riempite l'anomalia, dipenderà dal tipo di materiale di riempimento e dall'eventuale presenza di acqua e può addirittura essere negativa quando la resistività è inferiore a quella ottenuta al contorno. Per quanto attiene alla profondità reale di investigazione questa dipende dal tipo di terreno e dall'assetto stratigrafico del sito indagato e in genere può essere calcolata applicando alla profondità teorica un fattore di correzione compreso tra 0.5 e 0.9.

4.1.3 Prospezione elettromagnetica (FDEM)

Sono ascrivibili a questo ambito i metodi che si basano su dei principi fisici che possono essere considerati una combinazione tra quelli elettrici e quelli magnetici. Il metodo si basa sulla misura dei campi elettromagnetici prodotti dalle correnti elettriche indotte nel terreno indagato, e nelle strutture in esso eventualmente contenute, da un altro sistema di campi elettromagnetici generati artificialmente in superficie ed è particolarmente adatto a mettere in evidenza formazioni sepolte caratterizzate da una buona conduttività elettrica (metalli, strutture in laterizi strutture impregnate di acque ad alto contenuto salino, ecc.). Le situazioni che offrono buone possibilità di successo per questo tipo d'indagine sono generalmente le stesse della geoelettrica, ma con precisione inferiore. Un vantaggio sensibile è costituito invece dalla rapidità di esecuzione che è comparabile a quella della magnetometria. Un altro piccolo vantaggio rispetto la magnetometria può essere costituito dalla minore dipendenza dalle condizioni atmosferiche, ma per contro questo metodo mostra una forte sensibilità alla presenza di oggetti metallici a piccola profondità (residui e scarti moderni). La presenza di una falda acquifera superficiale o al contrario di terreni resistivi limita l'impiego di questo strumento. Non avendo la necessità di creare contatti fisici con il terreno, è possibile un'esplorazione veloce e nello stesso tempo dettagliata di vaste aree di territorio. Con un sistematico rilievo a maglie regolari, inoltre, è possibile ottenere un'accurata analisi del sottosuolo e individuare gli andamenti degli elementi strutturali presenti nel sotto suolo stesso. Una volta completato il grigliato delle misure di resistività e per una corretta presentazione del dato elaborato, occorre poter discriminare con ragionevole sicurezza l'anomalia di tipo geologico da quella prodotta dalle strutture archeologiche scopo dell'indagine. Dato che normalmente l'andamento del dominio elettrico/resistivo presenta variazioni areali a più lungo periodo per le strutture geologiche che non per quelle attribuibili ai reperti archeologici, sui valori di anomalia prima della mappatura sulle carte isovalore, si opererà con filtraggi numerici opportuni. Lo strumento più idoneo per la prospezione archeologica risulta essere il conduttivimetro. Con questo strumento è possibile rilevare la conduttività dei terreni e al tempo stesso valutarne le caratteristiche magnetiche, senza la necessità di un contatto diretto con il suolo. Esso fornisce buone informazioni sui corpi elettricamente anomali fino ad alcuni metri di profondità e le letture avvengono in maniera pressoché continua. Lo strumento si rivela utile ove si desideri rilevare una situazione che denota variazione di conduttività, come nel caso di humificazioni che si producono attorno ad alcune rimanenze sepolte, paleosuoli con presenza carboniosa, ecc. Le apparecchiature più comunemente usate, portatili e alimentate a batterie, sono costituite da un sistema ad induzione elettromagnetica a frequenza diversa (6.4 e 9.8 KHz), con i sensori trasmettenti e riceventi posizionati a distanze fisse. Un dispositivo trasmettente, posto a un'estremità del sistema, crea un campo elettromagnetico, detto "primario" che induce nel terreno (o nel corpo investigato) una corrente elettrica direttamente proporzionale alla conducibilità dello stesso. Tale corrente provoca, a sua volta, un campo magnetico secondario, proporzionale alla corrente indotta, che viene rilevato dal ricevitore posto all'altra estremità del sistema di misura. Di questo campo secondario viene misurata la componente in quadratura di fase (conducibilità elettrica del terreno) con il campo primario. Le variazioni di conducibilità del terreno, lette direttamente sul pannello di controllo della strumentazione, possono essere riconducibili, in presenza di anomalie rispetto al fondo, a potenziali strutture di carattere archeologico.

4.1.4 Prospezione elettromagnetica con metodo georadar

Si tratta di una tecnica che attraverso l'impiego di onde elettromagnetiche esplora il terreno con estremo dettaglio, consentendo di ottenere, in tempo reale, la "radar-stratigrafia" del sottosuolo: è noto che l'estrema sensibilità del sistema ne rappresenta anche il limite. Infatti, mentre trova ottimi impieghi in terreni "resistivi" e aridi come rocce compatte, alluvioni ghiaiose asciutte, lastricati, pavimentazioni ecc., il radar risulta praticamente "cieco" in terreni argillosi. L'impiego migliore del georadar risulta essere, fatte salve le limitazioni sopradette, la ricerca di cavità e l'individuazione di strutture compatte al di sotto di lastricati o pavimentazioni come quelle dei centri urbani. È il tipico sistema di prospezione da utilizzare nei centri urbani, aree pavimentate, lastricate, ecc. dove talora può essere praticamente considerato l'unico sistema d'indagine proponibile. Si tratta di un metodo che permette di rilevare la posizione di un oggetto sepolto, misurando l'intervallo di tempo che intercorre tra un segnale elettromagnetico emesso da un'antenna trasmittitrice e quello riflesso dall'oggetto di cui si deve determinare la posizione, captato da una complementare antenna ricevente. In definitiva, viene misurato il tempo impiegato da un impulso a radiofrequenza emesso dal trasmettitore per arrivare all'oggetto e ritornare al ricevitore. Conoscendo la velocità di propagazione del segnale e il tempo misurato è così possibile determinare la profondità dell'oggetto riflettente.

L'apparato strumentale è formato da un trasmettitore e da un trasduttore che costituiscono il complesso antenna- trasmettitore- ricevitore. Il sistema trasmettitore-ricevitore viene spostato lungo la superficie da indagare e per ogni punto di questa viene ricavato un valore del tempo di andata e ritorno. Si ottiene così una "sezione di tempi radar" da interpretare in base agli orizzonti riflettenti che si sono eventualmente messi in evidenza. Possono essere utilizzate sia apparecchiature analogiche sia digitali, con rappresentazione dei dati sia in b/n che a colori, con registrazione dei dati su carta (graphic recorder) o su supporto magnetico. La strumentazione ha la possibilità di utilizzare "antenne" (dispositivi di trasmissione e ricezione dei segnali elettromagnetici) di diverso tipo, in ordine alle profondità da raggiungere. Normalmente vengono utilizzate antenne da 100 a 500 Mhz. Essendo un sistema d'indagine lineare, devono essere eseguiti il maggior numero possibile di profili, in modo da coprire il più uniformemente l'area da indagare. L'elaborazione dei dati può essere anche di carattere qualitativo e i risultati sono riportati su elaborati planimetrici ove vengono disegnate sia le tracce dei profili eseguiti, sia le posizioni delle anomalie riscontrate, cercando di distinguere la natura e le orientazioni.

4.2 Indagini dirette: caratteristiche tecniche

Le indagini archeologiche dirette vengono realizzate principalmente per verificare l'entità e la consistenza di presenze archeologiche già individuate precedentemente (dati desunti dall'analisi bibliografica e d'archivio, dalla fotointerpretazione e dalla ricognizione sul territorio) o nelle aree in cui si ipotizza l'esistenza di presenze archeologiche oppure, sempre su richiesta della Soprintendenza competente, a campione con sequenze definite dalle prescrizioni. Esse comprendono sia i sondaggi di scavo quali trincee e saggi esplorativi, da condurre con mezzo meccanico e/o a mano, sia scavi estensivi, da condurre con mezzo meccanico e/o a mano. Preliminarmente alla realizzazione delle suddette indagini, qualora previsto dal Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione (C.S.P.) ex art. 91 comma 2-bis del D.Lgs. 81/08, si dovrà eseguire nelle aree interessate dalle lavorazioni archeologiche, secondo le esigenze del progetto e/o prescrizioni, la Bonifica da Ordigni Esplosivi e residuati bellici (BOB).

Per quanto concerne l'impiego della manodopera specializzata e comune deve essere in numero adeguato rispetto alle necessità del lavoro ed ai relativi tempi di esecuzione e comunque secondo le indicazioni della Soprintendenza competente, per il tramite di ANAS, o di ANAS stessa. Le Soprintendenze territorialmente responsabili mantengono la supervisione scientifica per tutte le problematiche di tipo archeologico, la paternità della documentazione scientifica raccolta e la proprietà di tutti i reperti senza alcuna distinzione selettiva, con conseguente obbligo di consegna presso le strutture prescelte dalla Soprintendenza stessa. L'Affidatario è tenuto alla custodia e alla opportuna conservazione di tutti i reperti archeologici.

Nei successivi paragrafi si riportano in sintesi le caratteristiche tecniche delle indagini archeologiche dirette, quali: sondaggi a carotaggio continuo; sondaggi di scavo mediante realizzazione di trincee o saggi esplorativi, e scavi archeologici in estensione.

4.2.1 Sondaggi a carotaggio continuo

I carotaggi permettono di ottenere informazioni sulla natura del sottosuolo in modo diretto. In prima fase, l'evidenza emersa dai sondaggi consente di determinare a priori le profondità e gli spessori di eventuali strati archeologici. Grande applicazione hanno i carotaggi anche in aree intensamente urbanizzate, ove possono raggiungersi profondità di indagine impensabili per difficoltà logistiche con il normale scavo e dove gli interventi possono apprestarsi senza sconvolgere i delicati equilibri della vita cittadina. Si tratta di una tecnica di prelievo puntuale nel sottosuolo, consistente nella realizzazione di perforazioni continue, con recupero di campioni indisturbati. I sondaggi da realizzarsi ai fini archeologici devono essere ubicati secondo un reticolo opportunamente predisposto in funzione della risoluzione e della profondità richieste, secondo le necessità di progetto e le eventuali richieste e/o prescrizioni della Soprintendenza competente. Per tutte le fasi di lavorazione si deve prevedere la supervisione di un geologo e di un operatore archeologo specializzato che potranno coordinare al meglio le operazioni di carotaggio.

Preliminarmente all'esecuzione di perforazioni a carotaggio si deve provvedere a effettuare sopralluoghi e ad acquisire permessi, realizzare piste di accesso e piazzole per l'installazione delle attrezzature per le perforazioni a carotaggio (vedi par. 5.3).

Dopo il posizionamento delle attrezzature di perforazione a carotaggio e la livellazione topografica dei punti di carotaggio – da condurre mediante strumentazione ottica, al fine di ottenere delle quote certe da correlare tra loro e con quelle di altre emergenze archeologiche esistenti e già precedentemente quotati – si potrà procedere alla perforazione verticale. Per i carotaggi di tipo archeologico viene impiegata l'attrezzatura che di norma si utilizza per i sondaggi di tipo geognostico. A parte esigenze di tipo particolare, i diametri del carotiere e degli eventuali tubi di rivestimento sono quelli usualmente in carico alle imprese specializzate (es. carotiere = 101 mm - tubi rivestimento = 127 mm). La sonda dovrà avere una coppia sufficiente a spingere il carotiere fino alla profondità sufficiente a coprire l'intero spessore dello strato archeologico ed essere in buona efficienza. Con le attrezzature di trivellazione vengono prelevati campioni le cui dimensioni dipendono sia dalla natura del terreno, sia dalle scelte fatte per i diametri di perforazione.

I sondaggi da realizzarsi ai fini archeologici vengono normalmente ubicati secondo un reticolo opportunamente predisposto in funzione della risoluzione e della profondità richieste, così come indicato dai documenti di progettazione. La profondità raggiunta prima di incontrare strati sterili, la roccia, oppure ostacoli di altro genere, consente di determinare il profilo di strutture sepolte, pozzi,

fossati, antichi livelli di frequentazione e di quant'altro ascrivibile ad un interesse archeologico. L'avanzamento, sia nei terreni superficiali sia nelle eventuali sottostanti frazioni lapidee, deve avvenire con tratti brevi o molto brevi, con particolare cura nelle manovre al fine di individuare anche livelli con spessore di pochi centimetri, e il più possibile a secco, cioè senza l'uso di fluidi di circolazione allo scopo di evitare che il materiale campionato venga dilavato in parte o totalmente. Quando possibile si deve preferire la manovra a pressione piuttosto che quella rotativa. Per il carotaggio di materiali a comportamento lapideo e/o di murature è consigliabile l'utilizzo di carotieri doppi onde garantire la maggior percentuale di recupero e di preservare il più possibile la struttura e l'integrità delle preesistenze intercettate e delle eventuali malte di cui potrebbe essere interessante lo studio dello stato di conservazione. I campioni estratti debbono essere alloggiati in apposite cassette catalogatrici, a disposizione della Soprintendenza competente, avendo cura di separare dalla massa quelli relativi a carotaggi con esito positivo o comunque sospetto.

Le cassette devono essere fotografate a colori; nelle foto devono comparire, ben leggibili, le indicazioni del cantiere con il numero di identificazione e le quote; a fianco alla cassetta dovrà essere posta la carta dei colori di riferimento (es. la "Color Separation Guides" della Kodak). Tutte le fasi di lavorazione devono essere supervisionate da un geologo e da un archeologo che potranno coordinare al meglio le operazioni di carotaggio. A conclusione delle attività sul campo si provvederà alla redazione di relazioni ed elaborazioni specialistiche sui carotaggi eseguiti, con relativa documentazione fotografica.

In particolare si tratta di:

- tabelle o schede per ogni singolo sondaggio, che riportino la localizzazione, la data di esecuzione, la quota di partenza e la profondità raggiunta, l'integrità della carota, la quantità di cassette utilizzate per deporre la carota stessa, il riferimento alla documentazione fotografica e la stratigrafia puntualmente descritta. La descrizione di ogni strato attraversato deve comprendere (oltre a quanto attiene alla caratterizzazione geologico-stratigrafica del terreno, almeno nei termini generali), la composizione pedologica, il colore, la presenza di sostanze organiche, l'eventuale falda acquifera e tutto quanto ascrivibile al carattere archeologico della ricerca, sia nel particolare (livelli d'uso del suolo, cocci, frammenti, ecc.), sia nel contesto generale del sito indagato. Per una descrizione pedologica degli orizzonti stratigrafici attraversati, le caratteristiche peculiari dei terreni sono la tessitura, la porosità e il colore; quest'ultimo deve essere descritto facendo riferimento alla "Munsell Soil Color Chart";
- relazione tecnica e scientifica nella quale viene presentato il metodo di indagine, la strumentazione impiegata e le considerazioni conclusive circa l'interpretazione data ai fini archeologici;
- sezioni stratigrafiche con la ricostruzione del profilo geo-archeologico.

I campioni potranno essere sottoposti ad analisi specialistiche eseguite da Dipartimenti Universitari, da laboratori specializzati, e in particolare: analisi micromorfologica; analisi al C14; analisi termoluminescenza; analisi dendrocronologica; analisi antropologiche, antropometriche, etc.; analisi paleofaunistiche e paleobotaniche.

4.2.2 Sondaggi archeologici

Nel caso in cui l'area interessata direttamente dall'opera in progetto presenti evidenze archeologiche ipotizzate o puntualmente individuate – da dati desunti mediante analisi bibliografica e d'archivio,

fotointerpretazione, ricognizione sul territorio – risulta necessario eseguire sondaggi esplorativi al fine di valutare la reale consistenza in orizzontale e verticale del deposito archeologico. Tali indagini non si pongono come obiettivo finale la conoscenza esaustiva di un deposito, bensì la valutazione della sua eventuale presenza e consistenza che, per precisa prescrizione della D.S, potrà essere oggetto di ampliamento e/o di scavo archeologico stratigrafico estensivo.

Il sondaggio può essere effettuato mediante la realizzazione di trincee o saggi esplorativi puntuali secondo le specifiche descritte nel Progetto relativo alle attività di archeologia esecutiva nel quale sono indicati numero, dimensione, ubicazione, profondità da raggiungere e metodologia di scavo, in base alle prescrizioni fornite dalla Soprintendenza del territorio di competenza. Lo scavo delle trincee e dei saggi raggiunge normalmente le profondità del terreno sterile (in assenza di ulteriori dati desunti da indagini eseguite in precedenza quali indagini geognostiche, carotaggi, etc.) o viene adattato alle singole esigenze di progetto (rilevato, trincea, sedime di fondazione delle pile e spalle dei viadotti ecc.), sempre nel rispetto delle norme di sicurezza e delle prescrizioni della Soprintendenza. In conformità alle norme di sicurezza vigenti, devono prevedersi sempre scavi a sezione obbligata con l'utilizzo di gradoni larghi 1,50 m e profondi 1,00 m per sondaggi che superano la profondità di 1,50 m.

L'ubicazione delle trincee e dei saggi è stabilita con cura, su idonea planimetria del Progetto Esecutivo delle indagini archeologiche, nella quale è riportata l'ubicazione e la tipologia del sondaggio nonché la profondità rispetto alle prescrizioni della Soprintendenza competente: si precisa tuttavia che nel corso della realizzazione si deve procedere al posizionamento di ciascuna trincea e/o saggio, sia con esito positivo che negativo, mediante GPS o Stazione Totale per documentare ogni eventuale scostamento da quanto riportato in progetto.

I sondaggi vengono realizzati quando possibile mediante scavo con mezzo meccanico (a benna liscia) o scavo manuale ma sempre con metodo stratigrafico, utilizzando prevalentemente attrezzatura pesante, alla presenza costante di un operatore archeologo, che dirige l'escavazione direttamente ed in stretto e costante raggio visivo. Si approfondisce con tale modalità fino al raggiungimento dello strato sterile o all'eventuale deposito archeologico, individuato il quale, previa supervisione della D.S., si prosegue poi con il metodo dello scavo archeologico stratigrafico al fine di leggere con precisione la successione degli strati e la consistenza dei livelli archeologici sepolti.

Laddove i sondaggi esplorativi confermino la presenza di un deposito archeologico, è opportuno che essi siano eseguiti in modo da fornire informazioni utili a definire l'estensione e la potenza di tale deposito. Qualora ciò comporti una variazione rispetto a quanto descritto nel progetto è opportuno darne tempestiva comunicazione alla D.S. e alla D.L. o alla Committenza, con cui deve essere concordato lo svolgimento di una attività riconducibile allo scavo archeologico stratigrafico. Nel caso in cui l'operatore archeologo dovesse riscontrare condizioni ostative all'esecuzione di quanto previsto in tale progetto è tenuto a darne tempestiva comunicazione alla D.L. e/o Committenza, fornendo indicazioni circa la variazione o circa la natura, ubicazione e dimensione della criticità.

La D.S. può richiedere in corso d'opera ampliamenti nelle dimensioni o approfondimenti dei sondaggi qualora si individuino stratigrafie archeologiche che ritiene necessitino di ulteriore indagine.

La documentazione scientifica dei sondaggi, da compiersi a cura dell'appaltatore, deve essere commisurata agli obiettivi da raggiungere e alla situazione riscontrata; deve essere redatta secondo le specifiche disposizioni della D.S., la cui indicazione deve essere riportata su ogni elaborato. Deve essere redatta in forma ridotta anche nel caso di esito archeologicamente negativo, comprendendo:

- la descrizione della stratigrafia riscontrata per ciascun sondaggio;
- la documentazione grafica delle sezioni mediante colonna stratigrafica;
- l'elenco degli elaborati grafici;
- la documentazione fotografica per ciascun sondaggio;
- l'elenco della documentazione fotografica.

Qualora si siano individuate evidenze archeologiche o depositi archeologici, la documentazione deve comprendere: la documentazione delle evidenze per ciascun sondaggio positivo, redatta secondo le modalità previste per lo scavo archeologico stratigrafico (rif. par. 5.5.5).

4.2.3 Scavi archeologici stratigrafici in estensione

In caso di individuazione di stratigrafie archeologiche, la D.S. può richiedere in corso d'opera d'esecuzione ampliamenti nelle dimensioni di sondaggi che richiedono ulteriori approfondimenti. Lo scavo archeologico stratigrafico in estensione è funzionale a definire per quanto possibile il deposito archeologico in senso verticale e orizzontale. Tramite il processo di scavo archeologico stratigrafico si determinano i rapporti reciproci tra le diverse unità stratigrafiche; il riconoscimento sul campo e l'analisi di questi rapporti consente di determinare la sequenza cronologica relativa, mentre l'analisi dei materiali archeologici contenuti nella singola unità consente di determinarne la cronologia assoluta. Tenendo conto della sequenza di formazione delle unità stratigrafiche, queste sono asportate secondo la successione fisica e cronologica riscontrata, dalla più recente alla più antica. L'indagine delle unità stratigrafiche, l'individuazione dei loro rapporti e lo studio tipologico dei materiali consentono di ricostruire la storia dell'area, dal momento della sua occupazione fino al suo eventuale abbandono.

Costituiscono una tipologia particolare di unità stratigrafica, le unità stratigrafiche negative, che rappresentano tutte le azioni che hanno comportato asportazioni della stratigrafia preesistente quali ad esempio lo scavo di fosse, di buche di palo, di trincee di spoliazione di muri, i crolli, le erosioni naturali. Le unità stratigrafiche negative sono a tutti gli effetti parte integrante della sequenza stratigrafica e come tali il loro riconoscimento e tutte le operazioni che le interessano sono parte integrante dello scavo archeologico stratigrafico.

Lo scavo archeologico stratigrafico deve seguire quanto indicato nel Progetto relativo alle Attività di archeologia esecutiva nelle quali sono specificate le tecniche, attrezzatura ed organigramma con competenze specifiche per il contesto da scavare; si richiama comunque quanto indicato in premessa sull'imprevedibilità dello scavo archeologico, che potrà esigere tecniche, tempi, attrezzature e figure professionali non previste nel progetto e di cui dovrà essere data tempestiva comunicazione alla D.S. e alla D.L. o Committenza al fine di concordarne la presenza.

Per le norme relative agli scavi archeologici si rimanda al successivo capitolo (cap. 5).

4.3 Sorveglianza archeologica in corso d'opera

La sorveglianza archeologica viene attivata, qualora prescritta dalla competente Soprintendenza, sia per assistenza ad indagini geofisiche e di caratterizzazione ambientale nelle varie fasi progettuali che durante i lavori di esecuzione dell'opera mediante stretto controllo da parte di archeologo di qualsiasi attività scavo, sterro, sbancamento meccanico in corso d'opera: l'archeologo che effettua la sorveglianza delle attività sopra descritte opererà in stretto e costante raggio visivo con il mezzo meccanico.

Le attività di sorveglianza archeologica sono eseguite da un archeologo con comprovata esperienza di cantiere, il cui CV dovrà essere sottoposto alla Soprintendenza competente per approvazione.

L'attività di sorveglianza archeologica si articola come segue:

- controllo in stretto e costante raggio visivo con il mezzo meccanico che opera;
- report intermedi da trasmettere durante l'espletamento del servizio, con frequenza almeno settimanale indicata dal Direttore dei Lavori, ad ANAS ed alla Soprintendenza di competenza;
- redazione della relazione archeologica (report finale) contenente una descrizione delle attività svolte e dei relativi esiti, corredata da documentazione fotografica puntuale e quant'altro necessario a descrivere il lavoro svolto;
- redazione di planimetrie grafiche con posizionamento topografico delle aree sottoposte a sorveglianza archeologica.

Nello specifico, la documentazione scientifica delle attività dovrà illustrare i lavori effettuati e dovrà essere corredata da documentazione fotografica puntuale, posizionamento topografico dei pozzetti di indagine (per indagini geofisiche e di caratterizzazione ambientale), sia con esito negativo che positivo. Allo stesso modo, in esito all'attività di sorveglianza in c.o., dovrà essere documentare l'avvenuto controllo, anche con esito negativo, e descritta qualsiasi criticità archeologica emergesse durante i lavori, nel qual caso si dovrà provvedere anche al posizionamento topografico e al recupero e conservazione di eventuali reperti archeologici che dovranno essere raccolti e gestiti in base alle indicazioni fornite dalla Direzione dei Lavori su indicazione della Soprintendenza di competenza.

La documentazione fotografica verrà effettuata in formato digitale con una risoluzione di almeno 300 dpi; verrà eseguita con adeguata attrezzatura, quali macchine fotografiche ottiche intercambiabili, cavalletti e possibilità di illuminazione artificiale, con opportuna indicazione della scala metrica, dell'orientamento, della data e della denominazione del soggetto, e documenterà:

- lo stato dei luoghi prima, durante e al termine dell'intervento;
- i depositi archeologici qualora evidenziati.

Tale documentazione dovrà essere correlata al testo della relazione.

La documentazione grafica consisterà in posizionamento su base catastale con l'indicazione del foglio e dei numeri delle particelle e/o su base aerofotogrammetrica (CTR-Carta Tecnica Regionale) delle aree interessate dalla sorveglianza e degli eventuali reperti immobili rinvenuti da prodursi in scala adeguata.

Il tecnico archeologo responsabile si occuperà delle attività di sorveglianza secondo il cronoprogramma fornito da ANAS, provvederà alla compilazione dei dati di cantiere e alla loro trasmissione, risponderà della qualità della documentazione tecnico-scientifica finale. Egli avrà inoltre il compito di avvertire tempestivamente ANAS e la Soprintendenza di competenza relativamente ad eventuali evidenze archeologiche rinvenute nel corso delle attività.

5. SCAVI ARCHEOLOGICI: SPECIFICHE TECNICHE

Le prescrizioni di seguito riportate sono a carattere generale, comuni a tutti i lavori di scavo con finalità archeologiche per i quali si rimanda alle pratiche previste secondo i canoni scientifici che lo

contraddistinguono. Saranno applicate su terreni di qualsiasi natura e consistenza, anche con eventuale presenza d'acqua d'infiltrazione, salvo precisare che in generale, se non segnalato diversamente in progetto in esito alle prescrizioni (raggiungimento di quote prestabilite) l'approfondimento si arresta non appena incontrato il substrato archeologicamente sterile oppure la roccia. Tutte le attività dovranno comunque essere concordate e definite puntualmente con la Soprintendenza competente.

Se non in caso di indicazioni specifiche, è consentito sia l'uso di idonei mezzi meccanici a benna liscia, sia dello scavo a mano, purché le operazioni vengano condotte sempre con metodo stratigrafico e con cautela, senza mai pregiudicare l'integrità dei resti archeologici sepolti e nel rispetto delle prescrizioni date in materia dalle Soprintendenze.

La pratica del cantiere di scavo e la conduzione dei lavori deve essere affidata a personale specializzato e l'aspetto tecnico-scientifico deve essere a cura di operatori archeologi specializzati, tenuti a seguire l'avanzamento dei lavori in tutte le sue fasi, nonché al mantenimento della documentazione di cantiere (diario dei lavori, planimetrie e sezioni stratigrafiche, picchettamenti e rilievi, disegni, schede di catalogo, etc.).

5.1 Programmazione delle attività

Per la efficace gestione delle attività dovranno essere prodotti dei calendari delle attività, concordati per approvazione. Il Programma Esecutivo Dettagliato (P.E.D.) - dovrà essere comunicato ad ANAS, con un tempestivo anticipo di almeno 7 giorni naturali e consecutivi.

5.2 Fasi di cantiere

Le attività dovranno articolarsi secondo le fasi di seguito indicate:

1. operazioni preliminari;
2. approntamento del cantiere di scavo archeologico, recinzione del cantiere;
3. ripulitura preliminare delle aree da erbe ed arbusti;
4. rilievo topografico/georeferenziazione indagini;
5. effettuazione della bonifica da ordigni e residuati bellici (BOB), qualora prevista dal singolo contratto applicativo, nelle aree oggetto dei saggi e nelle aree e piste di cantiere;
6. scavo meccanico con piccolo mezzo (tipo mini escavatore), nel caso di sondaggi preventivi;
7. scavo con metodo stratigrafico (nel caso di individuazione di depositi archeologici);
8. raccolta e gestione dei reperti (qualora rinvenuti);
9. rinterro;
10. elaborazione della documentazione scientifica;
11. operazioni post-scavo.

5.3 Operazioni preliminari

Preliminarmente all'esecuzione di indagini e scavi archeologici si deve provvedere a:

- effettuare sopralluoghi e ad acquisire permessi, tra cui l'individuazione e contatto dei proprietari del sito di indagine e, qualora richiesto da ANAS, l'acquisizione di tutti i permessi necessari all'ingresso ed alla esecuzione delle indagini in aree pubbliche o private;

- predisposizione del piano operativo di sicurezza e di tutti gli adempimenti previsti dalla vigente legislazione e quanto finalizzato al corretto svolgimento delle attività, ivi compreso tutto quanto occorrente per il corretto funzionamento della strumentazione;
- progettazione e successiva certificazione dell'impianto di cantiere;
- l'individuazione di dettaglio di sottoservizi mediante documentazione da reperire presso gli enti/gestori;
- richiesta nulla osta per avvio attività da bonifica da ordigni bellici qualora prevista dal singolo contratto applicativo;
- esecuzione della bonifica da ordigni e residuati bellici, qualora prevista dal singolo contratto applicativo;
- ottenimento del relativo parere a cura del Genio Militare;
- eventuale realizzazione di piste di accesso e piazzole per l'installazione di attrezzature.

5.4 Approntamento del cantiere

Le prescrizioni di seguito riportate sono di carattere generale e riguardano tutti i lavori di indagine e scavo con finalità esclusivamente archeologiche, salvo precisare che in ogni singolo contratto applicativo vi saranno riportate le specifiche relative all'approntamento del cantiere, correlato con l'eventuale Bonifica da Ordigni e Residuati Bellici, ed alla sicurezza.

5.4.1 Cantiere sondaggi archeologici

Nell'impianto e conduzione di un cantiere di scavi archeologici preventivi si seguono le norme in uso nei cantieri edili; nel caso di affidamento di sondaggi preventivi (carotaggi, saggi, trincee, effettuati ai sensi del c. 8 art. 25 del dlgs 50/2016) va da sé che questi si localizzino sovente, con sequenze e distanze variabili, lungo l'intera tratta oggetto di verifica preventiva: pertanto gli operatori dovranno operare spostandosi nel tracciato di progetto. Si precisa che quanto serve all'impianto di cantiere sarà nello specifico indicato nel P.S.C. che verrà consegnato al momento dell'attivazione di ogni singolo contratto applicativo, e individuato specificamente a seguito della constatazione della realtà dei luoghi.

L'area oggetto di saggio/trincea sarà localizzata secondo le coordinate riportate nelle tavole del progetto esecutivo delle indagini, e preventivamente recintata con rete di cantiere: si avrà cura di riportarne sul suolo le esatte misure che comprendono per ciascuno di essi, area di scavo, area di accumulo e di movimento dei mezzi. Si precisa inoltre che dovranno essere individuate chiaramente le piste di movimentazione dei mezzi e l'area per l'accumulo di materiale terrigeno asportato. In tutti i casi, qualora lo scavo dovesse procedere oltre una certa profondità (oltre 1,5 m), sarà necessario procedere, secondo le norme della sicurezza in cantiere e proporzionalmente alla profondità dello scavo, per gradoni, di modo da impedire scorrimenti o franamenti. Le pareti all'occorrenza andranno sostenute con sbatacchiatura o armatura. Queste operazioni dipenderanno dalla natura dell'intervento o dal tipo di terreno e saranno puntualmente indicate negli elaborati di riferimento consegnati al momento dell'attivazione di ogni singolo contratto applicativo.

Il cantiere base sarà allestito secondo quanto indicato nel P.S.C. rappresentando comunque che l'allocazione dovrà tener conto del rischio determinato a tal fine nei movimenti di terra - anche di potenza minima onde evitare rischi di danneggiamento ad eventuali stratigrafie archeologiche - in funzione di forniture di servizi quali acqua, elettricità, servizi igienici, smaltimento rifiuti etc., come la messa in opera di qualsiasi manufatto di servizio (baraccamenti, servizi igienici e altro).

5.4.2 *Cantiere scavi archeologici estensivi*

Propedeuticamente agli scavi dovranno essere espletate tutte quelle operazioni preliminari atte a consentire un corretto svolgimento delle attività previste. Esse comprenderanno il posizionamento sul terreno dei picchetti di riferimento e la delimitazione delle aree d'interesse, il rilievo dello stato di fatto delle parti da indagare e da scavare, i giusti riferimenti ai capisaldi di linea noti forniti dal Committente e l'impianto vero e proprio del cantiere, con la creazione di eventuali piste di accesso e piazzole.

Nello specifico per l'impianto del cantiere si dovrà provvedere a:

- la perimetrazione del cantiere deve essere individuata da una recinzione protettiva di consistenza ed altezza idonee a difendere le opere ed i materiali depositati all'interno del cantiere, offrendo sufficiente sicurezza, pur trattandosi di una struttura provvisoria e fornendo su appositi cartelli le indicazioni previste dalla normativa vigente;
- organizzazione degli spazi all'interno del cantiere: dovranno essere individuate chiaramente le piste di movimentazione dei mezzi, l'area per l'accumulo di materiale terrigeno asportato, l'area di servizio;
- impianto di un prefabbricato ad uso ufficio, dotato di acqua, luce e messa a terra, scrivanie o tavoli da lavori, sedie, scaffalature;
- impianto di un prefabbricato di servizio, provvisto di servizi sanitari, dotato di acqua, luce e messa a terra;
- a seconda della complessità delle attività previste, oltre a l'impianto di un prefabbricato ad uso ufficio e di servizio, si dovrà prevedere l'impianto di un prefabbricato per la sistemazione, lavaggio, conservazione e studio dei materiali archeologici rinvenuti durante le attività di scavo, provvisto di acqua, luce e messa a terra, tavoli da lavori, sedie, scaffalature, di video-sorveglianza e, se necessario, sistema di riscaldamento.

Si precisa che quanto serve all'impianto di cantiere sarà nello specifico indicato nel P.S.C. che verrà consegnato al momento dell'attivazione di ogni singolo contratto applicativo, e individuato specificamente a seguito della constatazione della realtà dei luoghi e delle condizioni peculiari del sito, in stretta relazione con l'area archeologica da indagare, potrà essere elemento condizionante nelle scelte e decisioni da assumersi nell'impianto stesso del cantiere.

Come per i sondaggi archeologici preventivi, qualora lo scavo dovesse procedere oltre una certa profondità (oltre 1,5 m), sarà necessario procedere, secondo le norme della sicurezza in cantiere e proporzionalmente alla profondità dello scavo, per gradoni, di modo da impedire scorrimenti o franamenti. Le pareti all'occorrenza andranno sostenute con sbatacchiatura o armatura. Queste operazioni dipenderanno dalla natura dell'intervento o dal tipo di terreno e saranno puntualmente indicate negli elaborati di riferimento consegnati al momento dell'attivazione di ogni singolo contratto applicativo.

Nel caso in cui uno scavo dovesse essere interrotto o abbandonato, per essere eventualmente ripreso in tempi successivi o proseguito in una seconda fase con altre tecniche di intervento/approfondimento, sarà necessario demarcare il limite planimetrico e il fondo scavo con apposite targhe indelebili funzionali all'identificazione del sito, stesura di geotessuto o altro materiale indicato dalla DS, interporre un adeguato strato di inerte drenante, e colmare con terreno, fino al ritombamento completo e al ripristino dello stato originario delle aree oggetto degli interventi, o comunque secondo le disposizioni del caso che dovessero essere impartite da ANAS.

5.4.3 *Diserbo*

Se l'area di lavoro dovesse risultare impervia per presenza di vegetazione o altri impedimenti alla corretta individuazione e marcatura delle aree da esplorare, queste andranno preventivamente ripulite mediante sfalcio e taglio degli arbusti.

Il diserbo dovrà essere eseguito a mano e/o meccanicamente con l'impiego di attrezzatura opportuna, nel pieno rispetto della normativa di sicurezza vigente. Dovrà essere condotto in modo tale da non intaccare in alcun modo unità stratigrafiche relative a strutture, effettuando l'eventuale estirpazione definitiva di radici o altro contestualmente alle operazioni di scavo archeologico.

In assenza di strutture evidenti o comunque affioranti si potrà procedere a diserbo meccanico con apparecchiature poco pesanti, maneggevoli e in ottime condizioni di manutenzione. In vicinanza di strutture affioranti e sulle strutture si procederà esclusivamente a diserbo manuale, evitando l'impiego di spazzole rigide o strumenti abrasivi per le superfici.

La vegetazione tagliata dovrà essere trasferita a discarica.

5.5 **Lo scavo archeologico: caratteristiche tecniche**

Le prescrizioni di seguito riportate sono di carattere generale e riguardano tutti i lavori di indagine e scavo con finalità archeologiche, su terreni di qualsiasi natura e consistenza, anche con eventuale presenza d'acqua d'infiltrazione, salvo precisare che in generale l'approfondimento si arresta non appena incontrato il substrato archeologicamente sterile oppure la roccia.

Lo scavo archeologico, "meccanico" e "manuale", prevede in ognuno dei due casi richiamati un approccio metodologico assolutamente identico che consiste nell'individuazione delle unità stratigrafiche, procedendo contestualmente alla corretta documentazione scritta, grafica e fotografica. Lo scavo stratigrafico "manuale", da effettuarsi in qualunque tipo di terreno, ancorché compatto e con pietrame si distingue a sua volta in: "scavo a bassa difficoltà", da effettuarsi sino alla chiara evidenziazione di depositi archeologici, e in "scavo ad alta difficoltà", da effettuarsi sino alla profondità massima di depositi archeologici pluristratificati complessi e di difficile separazione e distinzione, con quantità media o notevole di reperti di consistenza anche fragile, o su sepolture.

La scelta dell'opportuno metodo di indagine varierà in base alle necessità riconosciute caso per caso e dal livello di complessità e interesse archeologico che si presenterà in corso d'opera sulla base delle indicazioni della DS, concordate con Anas.

5.5.1 *Scavo meccanico*

Per scavo meccanico si intende uno scavo di sbancamento da effettuarsi utilizzando con cautela idoneo mezzo meccanico (piccolo escavatore a benna liscia), in terreni di qualunque natura e consistenza, in assenza di stratigrafie che attestino l'uso antropico e/o depositi archeologici non noti, compreso l'onere per la pulizia e rettifica delle pareti di scavo e l'onere di stabilizzazione del fronte di scavo. L'indagine sarà effettuata con dimensioni e profondità di scavo indicate nel relativo progetto esecutivo delle indagini archeologiche allegate al singolo contratto applicativo, a meno di individuare la roccia vergine, ovvero il substrato privo di attestazioni antropiche, ad una quota superiore, e comunque secondo quanto prescritto nel relativo parere della Soprintendenza di competenza. Qualora si riscontrasse la presenza di depositi archeologici si proseguirà con lo scavo manuale, da riconoscersi con la relativa voce di elenco prezzi.

L'attività deve comprendere:

- l'assistenza scientifica archeologica nel corso di esecuzione dello scavo;
- il recupero di materiale di interesse archeologico;
- l'assistenza manuale di due operai per le indicazioni da fornire all'escavatorista e per la pulizia e rettifica delle pareti dello scavo;
- la documentazione scientifica.

Lo scavo con mezzo meccanico può essere distinto in:

- scavo archeologico con piccolo mezzo meccanico fino alla profondità di mt. 2,00;
- scavo archeologico con piccolo mezzo meccanico con profondità compresa tra metri 2,01 e metri 4,00.

5.5.2 Scavo stratigrafico manuale

Per scavo stratigrafico "manuale" si intende uno scavo da effettuarsi in terreno archeologico compatto e pietrame e con attrezzatura manuale appropriata, quali piccone, piccozzine, trowel, scopette, palette per raccogliere la terra, pennelli e quant'altro necessario per effettuare il lavoro a regola d'arte, compresa la raccolta, la cernita e il recupero di reperti archeologici.

Può essere a sua volta distinto in "scavo stratigrafico manuale a bassa difficoltà" e "scavo stratigrafico manuale ad alta difficoltà".

Scavo stratigrafico manuale a bassa difficoltà

Lo "scavo manuale a bassa difficoltà" è da effettuarsi, con metodo stratigrafico, in terreno archeologico sino alla chiara evidenziazione di depositi antropici, qualora individuati nel corso delle operazioni di scavo meccanico, o comunque su depositi rimaneggiati o in giacitura secondaria o di formazione naturale, di consistenza spessore e bassa densità di reperti in buono stato di conservazione. Tale scavo andrà eseguito prevalentemente con attrezzatura pesante, quale pala e piccone, e solo per piccole quantità la cazzuola.

L'attività deve comprendere:

- la cernita dei materiali durante le operazioni di scavo;
- l'imbustamento, la cartellinatura e l'elaborazione di un elenco dei materiali;
- la conservazione ordinata in apposite cassette e il loro trasporto in locali idonei per la loro conservazione ed approvati preliminarmente dalla competente Soprintendenza;
- l'attività di assistenza scientifica archeologica nel corso di esecuzione dello scavo;
- la documentazione scientifica.

Lo scavo stratigrafico manuale a bassa difficoltà può essere distinto in:

- scavo stratigrafico manuale a bassa difficoltà da eseguirsi fino alla profondità di mt. 2,00, in terreno archeologico a sezione obbligata, compreso il taglio delle terre e il primo paleggiamento fino all'orlo del cavo;
- scavo stratigrafico manuale a bassa difficoltà da eseguirsi con profondità compresa tra metri 2,01 e metri 4,00, in terreno archeologico a sezione obbligata, compreso il taglio delle terre, le opere di stabilizzazione del fronte scavo, il tiro in alto fino all'orlo del cavo e la sbadacchiatura.

Scavo stratigrafico manuale ad alta difficoltà

Lo "scavo manuale ad alta difficoltà" è da effettuarsi, con metodo stratigrafico, in terreno archeologico sino alla profondità massima del deposito antropico, eseguito su depositi pluristratificati complessi di difficile separazione e distinzione, con quantità media o notevole di reperti di consistenza anche fragile, o comunque di individuazione e recupero difficile (es.: intonaco, vetro, tessuto, metallo, legno, resti di vegetali) o su sepolture (nel caso del rinvenimento di reperti osteologici di fragile consistenza, la rimozione dovrà essere effettuata da personale specializzato, secondo le indicazioni di specialisti della disciplina relativa).

Lo scavo deve essere eseguito esclusivamente a mano, da personale archeologo altamente specializzato, da realizzarsi con attrezzatura manuale leggera appropriata quali piccozzine, trowel, scopette, palette per raccogliere la terra, pennelli e quant'altro necessario per effettuare il lavoro a regola d'arte, con raccolta, cernita e setacciatura di materiale archeologico. Qualora lo stato di degrado e la natura del reperto lo richiedano, esso verrà rimosso dal terreno con il pane di terra che lo circonda.

Lo scavo dovrà essere realizzato con il metodo stratigrafico mettendo in luce e documentando le Unità Stratigrafiche e, nel caso di rinvenimento di strutture, le unità stratigrafiche murarie, e comprenderà quando necessaria, la setacciatura della terra per il recupero dei reperti di qualsiasi natura.

L'attività deve comprendere:

- la cernita dei materiali durante le operazioni di scavo;
- l'imbustamento, la cartellinatura e l'elaborazione di un elenco dei materiali;
- la conservazione ordinata in apposite cassette e il loro trasporto in locali idonei per la loro conservazione ed approvati preliminarmente dalla competente Soprintendenza;
- l'attività di assistenza scientifica archeologica nel corso di esecuzione dello scavo;
- la documentazione scientifica.

Lo scavo stratigrafico manuale ad alta difficoltà può essere distinto in:

- scavo stratigrafico manuale ad alta difficoltà da eseguirsi fino alla profondità di mt. 2,00;
- scavo stratigrafico manuale ad alta difficoltà da eseguirsi con profondità compresa tra metri 2,01 e metri 5,00.

Qualora si evidenziasse reperti necessitanti di consolidamento o particolari cautele per la loro rimozione, si dovrà disporre la temporanea sospensione della porzione di scavo, onde favorire l'essiccazione controllata del terreno o dei manufatti, senza che ciò possa costituire oggetto di maggior prezzo da parte dell'Appaltatore. Lo scavo andrà preceduto dalla redazione di una dettagliata documentazione grafica (rilievo in scala 1:1) e fotografica. Tutte le operazioni andranno eseguite sotto il controllo e secondo le direttive della D.S..

In situazioni stratigrafiche particolari, quali tombe o siti preistorici, si eseguirà un microscavo e si effettuerà la setacciatura e/o la flottazione e la campionatura dei terreni per eventuali analisi specialistiche. L'operazione di setacciatura del terreno di scavo si realizzerà, tramite l'impiego di setacci a mano o sospesi, con maglie di dimensioni ritenute idonee, sotto il controllo dell'archeologo e procedendo separatamente per ogni unità stratigrafica. L'operazione di flottazione del terreno di scavo, invece, si realizzerà per il recupero di reperti anche di minime dimensioni e di natura organica. Le operazioni dovranno essere condotte procedendo separatamente per ogni unità stratigrafica mediante flottatrici meccaniche o manuali.

5.5.3 Attività di rinterro

A fine dei lavori, deve essere previsto il ripristino e la chiusura delle aree di scavo secondo le modalità impartite dalla DS. Nelle aree prive di depositi archeologici si effettuerà mediante utilizzo del mezzo meccanico, utilizzando la terra di risulta che dovrà essere accantonata durante lo scavo nell'ambito del cantiere, o, se ciò non fosse possibile, in altro luogo a spese dell'affidatario. Se per qualsiasi ragione ritenesse di doversene disfare, portandola a discarica o comunque nelle forme previste dalla legge, sarà tenuto, a richiesta di ANAS, a reintegrare la terra che servisse per i rinterri senza che ciò dia adito a richieste di indennizzi o compensi di sorta.

Qualora invece siano state rinvenute evidenze archeologiche, si seguiranno le indicazioni della DS, verrà interposto uno strato di geotessile (in assenza di strutture) o di materiale traspirante (fogli di TNT) adeguatamente tagliato e sagomato, successivamente coperto manualmente con terra proveniente dallo scavo, per raggiungere uniformemente uno strato di almeno 30 cm con tutte le dovute cautele per evitare qualsiasi danno ai depositi archeologici. L'attività sarà effettuata sotto lo stretto controllo di un archeologo.

Tutte le attività dovranno comunque essere concordate e definite puntualmente con la D.S.

5.5.4 Raccolta e gestione dei reperti

Durante la progressione dello scavo, contestualmente alla redazione di schede di Unità Stratigrafica (US), si esegue il recupero ordinato e il lavaggio dei reperti archeologici con immediata apposizione di riferimento di strato, e indicati nella relativa scheda di U.S. in apposite cassette, per essere poi consegnati così come sarà disposto dalla D.S..

Essi dovranno essere puliti e/o lavati a secondo della natura del materiale costruttivo, siglati e inventariati □ divisi per classi □ riposti in contenitori adeguati, secondo la natura e le caratteristiche chimico-fisiche del materiale stesso, in appositi magazzini. Tali contenitori verranno contrassegnati con siglature indelebili recanti l'indicazione della data di reperimento, numero di U.S., posizionamento relativo all'interno dello strato (nel caso di reperti di notevole interesse).

Nel caso in cui vengano messi in luce reperti importanti durante gli scavi esplorativi, in accordo con ANAS e la D.S. saranno valutate le modalità per disporre procedure particolari di raccolta e gestione dei reperti, soprattutto qualora si rendessero necessarie soluzioni che implicino mutamenti di strategie degli interventi.

Si specifica in ogni caso che non dovranno essere sottoposti a lavaggio i vetri, i metalli, gli intonaci dipinti e non, e tutti i reperti di natura organica, le ceramiche con sovrappitture e ingobbi delicati, la coroplastica, e, in genere, tutti i materiali di cui si sospetti la possibilità di un danneggiamento conseguente all'operazione.

Nel caso di setacciatura sotto getto d'acqua, il materiale deve essere fatto asciugare lentamente su fogli di carta in un contenitore aperto, in un luogo ben areato, asciutto, ma non esposto ai raggi solari o ad altra fonte di calore. Quando perfettamente asciutto, il campione può essere conservato in capsule rigide di plastica, con carta o cotone.

Nel caso si prevedano analisi radiocarboniche di alcuni frammenti, si dovrà evitare per questi il contatto con materiali di origine vegetale o animale, sostituendo alla carta materiale plastico o di alluminio, più adatto.

Sui legni umidi l'obiettivo primario è il rinterro; qualora ciò non sia possibile od opportuno, occorre innanzitutto evitare un repentino disseccamento con aspersioni ripetute di acqua distillata; quindi si procederà, a seconda delle condizioni del materiale e sotto la guida di un restauratore, ad un intervento di stabilizzazione dell'umidità in vasca oppure di essiccazione controllata. Per i legni conservati aderenti ai metalli è opportuno che il reperto venga trasferito il più rapidamente possibile presso un laboratorio di restauro.

5.5.5 Documentazione scientifica

La documentazione scientifica dello scavo, da compiersi a cura dell'appaltatore durante e dopo lo scavo, dovrà essere redatta dall'operatore archeologo specializzato responsabile delle indagini secondo le specifiche disposizioni della D.S. e prevedere documenti scritti, fotografici e grafici di piante e sezioni dettagliate degli strati archeologici (*overlay*) e delle strutture individuate, nonché report intermedi da trasmettere durante l'espletamento dei lavori, con frequenza almeno settimanale, ad ANAS ed alla D.S.

La documentazione scientifica integrale relativa alle indagini archeologiche dovrà essere consegnata ad ANAS ed ed alla D.S. su supporto sia cartaceo che digitale entro un tempo massimo di 120 (centoventi) giorni dal termine delle indagini archeologiche, salvo motivate richieste di proroga. Gli elementi/elaborati indispensabili alla redazione della relazione archeologica definitiva da parte del funzionario archeologico responsabile per l'approvazione del Soprintendente di settore territorialmente competente, dovranno tuttavia essere consegnati, alla S.A. e alla Soprintendenza, con un limite di almeno 30 (trenta) giorni dal termine delle indagini archeologiche (cfr. Circolare n. 1 anno 2016 DG-AR). La Soprintendenza e la S.A. hanno facoltà di richiedere consegne intermedie e/o preliminari in base alla complessità e tipologia dell'opera.

In caso di esito archeologicamente negativo degli scavi, la documentazione scientifica dovrà comunque essere prodotta in forma ridotta, e dovrà essere consegnata ad ANAS, su supporto sia cartaceo che digitale, entro un tempo massimo di 15 (quindici) giorni dal termine delle indagini archeologiche.

Qualsiasi forma di divulgazione della documentazione scientifica dovrà essere preventivamente autorizzata dalla Soprintendenza e dalla S.A..

Tutta la documentazione sarà sottoscritta dall'operatore archeologo specializzato responsabile dell'esecuzione delle indagini.

Giornale di scavo

Redatto da parte dell'Archeologo responsabile di cantiere, vi dovranno essere indicati tutti gli interventi effettuati, le motivazioni che ne sono alla base, il numero e la denominazione delle U.S. scavate, nonché le informazioni generali relative al cantiere, cioè condizioni atmosferiche, numero degli operatori presenti, attività del personale, intervento di qualsiasi specialista e qualunque altra informazione utile alla migliore comprensione a posteriori del lavoro. Saranno sempre indicate le figure professionali e i mezzi utilizzati; Sul Giornale dei lavori sarà registrato anche l'esito dei sopralluoghi sul cantiere della stazione appaltante e della D.S. e ogni indirizzo, prescrizione, ordine dalla medesima impartito sui lavori da svolgere e sulla metodologia di intervento.

Schede di Unità Stratigrafica (US)

Contestualmente allo scavo verranno redatte le schede di Unità Stratigrafica (US), Unità Stratigrafica Muraria (USM), Unità Stratigrafica di Rivestimento (USR), su modello schedografico dell' I.C.C.D., i relativi elenchi ed il diagramma di scavo. Ove necessario sarà compilata anche la scheda "Reperti Antropologici" su format che verrà fornito dalla D.S..

Tale documentazione sarà a cura dell'operatore archeologico specializzato o del responsabile di settore.

Relazione finale di scavo

La relazione finale di scavo dovrà essere prodotta a cura dell'Archeologo Responsabile Scientifico, e dovrà contenere una descrizione delle attività svolte e dei relativi esiti, delle modalità di intervento, delle fasi di lavoro, dovrà inoltre essere corredata da documentazione fotografica puntuale, nonché le schede di Saggio stratigrafico (SAS) e quant'altro necessario a descrivere il lavoro svolto.

Documentazione fotografica

La documentazione fotografica sarà a cura del responsabile di ciascun settore o lavorazione e verrà effettuata in formato digitale con una risoluzione di almeno 300 dpi; verrà eseguita con adeguata attrezzatura, quali macchine fotografiche ottiche intercambiabili, cavalletti e possibilità di illuminazione artificiale, con opportuna indicazione della scala metrica, dell'orientamento, della data e della denominazione del soggetto, e documenterà:

- lo stato dei luoghi prima, durante e al termine dell'intervento;
- lo stato di ogni US, USM, USR, sezione, struttura individuata o caso particolare (es. crollo, prelievo di pani etc.);
- i reperti mobili di particolare interesse.

Tale documentazione dovrà essere correlata al testo della relazione e/o alle schede compilate ed accompagnata da un inventario informatizzato in formato *.xls, comprendente l'elenco di tutti gli scatti effettuati e articolato nei seguenti campi: nome file (costituito da un numero progressivo senza riferimento all'estensione del file); estensione file (es. jpg); località e/o indirizzo; soggetto (es. scavo □ sondaggio □ lavori di □, US, tomba No etc.); data di ripresa; autore dello scatto; note.

A richiesta della D.S. si provvederà all'eventuale esecuzione di fotopiano a mosaico, fotogrammetria analogico-digitale terrestre, scanner-laser, nonché all'esecuzione di foto d'insieme etc.

Documentazione grafica

La documentazione grafica consisterà in:

- posizionamento su base catastale con l'indicazione del foglio e dei numeri delle particelle e/o su base aerofotogrammetrica (CTR □ Carta Tecnica Regionale) delle aree interessate dalle indagini e degli eventuali reperti immobili rinvenuti da prodursi in scala adeguata;
- planimetria quotata (con quote s.l.m.) iniziale e finale di ciascuna area di indagine (sondaggi) in scala 1:100 e/o 1:200 o secondo le indicazioni della D.S.;
- planimetrie di dettaglio in scala adeguata degli eventuali reperti immobili riportati in luce (comprese le singole US);
- sezioni generali delle aree scavate in scala 1:100 e/o 1:200;
- eventuale altra documentazione grafica quali piante composite, prospetti, rilievi di dettagli e/o di alzati.

Tutta la documentazione grafica verrà elaborata vettorialmente in files CAD formato *.dwg, in coordinate coerenti con quelle della cartografia di (layers obbligatori: capisaldi, riferimenti interni, limite area d'indagine, quota assoluta) e consegnata sia in formato digitale (*.dwg e *.pdf) su supporto magnetico (Cd/Dvd) che cartaceo.

Ogni elaborato grafico dovrà riportare nel cartiglio (fornito da ANAS) l'indicazione del progetto di riferimento; il numero univoco del rilievo; il codice univoco dell'area di indagine; il soggetto rilevato, la scala numerica. Le tavole, saranno di norma orientate al nord cartografico e riporteranno oltre al simbolo del nord il disegno della scala grafica e la legenda nel caso di utilizzo di simboli grafici. I disegni di reperti dovranno contenere prospetto e sezione con annessa scala grafica.

Tale documentazione sarà a cura del tecnico incaricato per la documentazione grafica.

5.5.6 Operazioni di post-scavo

Le operazioni di post-scavo dovranno prevedere:

- l'accurata protezione delle strutture rinvenute nel corso delle attività di scavo, come sopra descritto;
- controllo, riordino e informatizzazione del giornale di scavo, delle schede di U.S., del matrix e degli elenchi della documentazione grafica, fotografica e dei reperti;
- controllo e riordino della documentazione grafica e fotografica;
- redazione delle piante di US e di quelle generali, da eseguirsi a cura del Responsabile della documentazione grafica, sottoposta al controllo del Responsabile Scientifico;
- redazione della relazione finale a cura del Responsabile Scientifico;
- sistemazione definitiva dei reperti e consegna alla Soprintendenza secondo le indicazioni della D.S.

5.6 Durata delle prestazioni

Le attività sopra descritte dovranno essere sviluppate secondo quanto indicato nei singoli contratti attuativi, in particolare la durata delle prestazioni dovrà essere di volta in volta determinata analizzando le singole attività previste dal progetto.

5.7 Collaudo

È normato dal D.M. 159/2017, Titolo V, art. 24 e in particolare comma 4. il collaudo relativo alle indagini archeologiche dovrà essere fatto in corso d'opera, sempre che non sussistano le condizioni per il rilascio del certificato di regolare esecuzione.

L'organo di collaudo dovrà comprendere anche un tecnico con la qualifica di archeologo in possesso di specifica esperienza e capacità professionale coerenti con l'intervento con esperienza almeno quinquennale e in possesso di specifiche competenze coerenti con l'intervento.

5.8 Oneri dell'appaltatore

Saranno a totale carico dell'appaltatore:

- l'impianto e conduzione del cantiere;
- la pulizia e predisposizione dell'area di indagine;

- la fornitura della documentazione grafica e fotografica nei vari periodi del corso d'opera, nel numero e nelle dimensioni indicate da ANAS SpA;
- la pulizia e la regolarizzazione delle superfici, scarpate, pareti, cigli e testimoni, l'apposizione dei riferimenti topografici e la cartellinatura dei riferimenti stratigrafici.

Sarà inoltre a totale carico dell'appaltatore la fornitura dei materiali e degli strumenti occorrenti per la realizzazione dei lavori di indagine archeologica, di documentazione archeologica e di immagazzinamento dei reperti, come:

- materiali per il rilievo: picchetti, mazzuolo, asticelle metalliche, cordino, chiodi, livelli ottici, livelle da filo, metri a stecca, scalimetri, squadre, goniometri, compassi con prolunga, etc.;
- materiali per la pulizia e la sistemazione dell'area: falcetti, rastrelli, cesoie, seghe, martelli, tenaglie, etc.;
- materiali da scavo: carrucole, palanche, pompa idrovora, carriole, mazze, picconi, zappe, pale, malepeggio, puntelli, zeppe, cazzuole, ganci per pulire muri, cucchiari, bisturi, sessole, palette, secchi, pennelli, spazzole, scopette, spruzzatori, chiodi, cartellini, pennarelli, setacci a mano c/o sospesi, bidoni e setacci per flottazione, sacchi di argilla espansa, rete frangivento, tela di juta, cassette metalliche per gli attrezzi, schede di US etc.;
- materiali per i reperti: cassette, cassette per le carote, scatole, sacchi e sacchetti, piccoli contenitori, cartellini, etichette, filo metallico plastificato, quaderni per classificare i reperti, inchiostro di china, tavoli e sgabelli, pennelli e porta pennelli, penne con pennino, forbici, cassette per gli attrezzi, cerchiometro, calibro, lente d'ingrandimento etc.;
- materiali per il disegno: griglie, paline, filo a piombo, livelle, bussole, tavolette, cordini per edilizia, scotch, puntine da disegno, rotelle da 20 metri, rotella da m 50, carta millimetrata, carta millimetrata a metraggio, fogli prestampati in carta da lucido o poliestere in varie dimensioni, plastica indeformabile di vario spessore, plastica a metraggio per disegni a contatto, mine, matite, gomme, matite colorate, retini etc.;
- materiali per documentazione informatica: computer, software di base tipo Microsoft Office, software specifici tipo CAD e GIS, supporti magnetici, altra attrezzatura hardware occorrente.

I materiali saranno della migliore qualità ed il più possibile compatibili con le indicazioni della stazione appaltante.

L'appaltatore è infine tenuto a comporre, per lo scavo stratigrafico, squadre con maestranze che abbiano documentata esperienza di lavoro di gruppo, e resta responsabile di ogni mancato conseguimento di risultato che derivi dal mancato affiatamento di queste.

6. PRODUZIONE DEGLI ELABORATI: SPECIFICHE TECNICHE

Tutte le attività, indagini indirette e indagini dirette, dovranno essere corredate dalla relativa documentazione scientifica.

Gli elaborati grafici dovranno normalmente essere prodotti su tavole di formato leggibile e concordato preventivamente con ANAS, impaginate con cartiglio approvato da ANAS, conformi ai possibili standard di plottaggio e dovranno inoltre essere resi disponibili su file. La fascia di indagine dovrà essere centrata rispetto alla planimetria. Le relazioni tecniche dovranno essere prodotte in formato UNI A4

con eventuali figure e tabelle integrate nel testo o in allegato. Gli elaborati grafici, allegati alla relazione, saranno redatti in formato A1 o A0 o A3 piegati in A4 a colori.

La codificazione di ciascun elaborato dovrà seguire le Istruzioni Operative ANAS e corrisponderà anche al nome del file corrispondente che verrà opportunamente evidenziato nel cartiglio.

Le specifiche di editing di dettaglio saranno concordate con ANAS durante il corso dei lavori ed in tempo utile per il completamento delle prestazioni.

6.1 Informatizzazione degli elaborati.

Tutti gli elaborati grafici dovranno essere informatizzati.

In particolare, i formati dei file consegnati dovranno essere compatibili con i seguenti software:

- AUTOCAD per la grafica 2D e 3D (versione 2010-2018);
- MS-WORD per Windows per la redazione dei testi;
- MS-EXCEL per Windows per il calcolo e la redazione di tabelle e/o grafici;
- Formati "raster" più diffusi (.pdf, .tif, .jpg, .pcx, .dwm, ecc) per i certificati e gli altri elaborati tecnici (certificati di calibrazione strumenti, grafici, ecc.), per le immagini e/o documenti a immagine.

Inoltre, il set di penne (file ctb) sarà fornito da ANAS e dovrà essere scrupolosamente rispettato dal Prestatore.

Ogni relazione redatta con MS-WORD o con MS-EXCEL dovrà essere contenuta in un unico file (o su più files, se di dimensioni eccessive). Tutti i grafici, disegni, figure, tabelle, tabulati, allegati, testi, fotografie presenti nel documento cartaceo dovranno essere altresì inseriti all'interno dello stesso file della relazione senza l'utilizzo di collegamenti o riferimenti su altri file.

I testi delle relazioni dovranno essere forniti anche in formato .pdf/A, tali da permettere la stampa di quanto consegnato su carta, senza la necessità di operazioni di successivo assemblaggio, mentre le tavole dovranno essere fornite in formato sia .pdf/A, sia *.dwg (ogni elaborato su un singolo file), sia nelle forme richieste dalle Soprintendenze competenti nei cui territori ricade l'opera in progetto ed indicate di volta in volta nei singoli contratti attuativi; infatti sono oramai diverse le Soprintendenze che hanno creato sistemi specifici (per esempio il webGIS RAPTOR nelle Regioni Piemonte, Lombardia, Veneto, ecc.) disponibili nei relativi siti internet ufficiali, nei quali è previsto un accesso diretto e personalizzato delle ditte archeologiche "affinché possano riversare, secondo standard precostituiti e possibilmente condivisivi, il materiale digitale pertinente alla documentazione, implementando dinamicamente sia i dati alfanumerici, sia geografici." (da Sitografia portali Soprintendenze nelle regioni citate).

A tal proposito si richiede di fornire il puntuale posizionamento e l'areale delle indagini effettuate, nonché dei relativi esiti, in formato vettoriale ESRI shapefile *.shp.

Gli elaborati grafici progettuali dovranno essere redatti in modo tale da consentirne la riduzione in formato A3 senza che la loro leggibilità venga alterata.

6.2 Consegna degli elaborati

La documentazione cartacea, grafica e fotografica dell'attività di studio, progettazione ed esecuzione delle indagini e degli scavi archeologici dovrà essere consegnata secondo quanto prescritto nelle schede delle attività. La consegna avverrà sempre e comunque in formato cartaceo e su supporto informatico (DVD contenente la versione originale dei file e una in .pdf pronta per la stampa). La scelta

del formato, dei contenuti, e delle modalità di restituzione degli elaborati della documentazione grafica e fotografica (cfr. supra), dovrà essere preventivamente concordata con ANAS ed approvata da quest'ultima.

Tutti gli elaborati dovranno essere così presentati:

- n. 1 copia su CD-ROM o DVD in versione editabile;
- n. 1 copia su CD-ROM o DVD in versione non editabile;
- n. 1 copia su supporto cartaceo (elaborati grafici piegati, relazioni fascicolate).

Quantitativi e modalità diversi, in diminuzione rispetto a quanto sopra elencato, potranno essere previsti solo su indicazione di ANAS.

7. PRESCRIZIONI DI ASSICURAZIONE QUALITÀ E SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE

7.1 Obiettivi - Campo di Applicazione - Documenti Correlati

L'Affidatario è tenuto, nell'espletare le attività connesse al presente Contratto, ad applicare un Sistema Qualità conforme alla Norma UNI EN ISO 9001.

7.2 Onnicomprensività del compenso

L'Affidatario riconosce che tutti i corrispettivi connessi con l'applicazione del presente capitolato, comprendono e compensano gli oneri derivanti da tutte le prescrizioni ivi ordinata e che pertanto in nessun caso potrà richiedere e/o pretendere ulteriori compensi a tale titolo.

7.3 Prescrizioni generali

L'Affidatario è tenuto ad organizzare e a gestire le attività necessarie alla esecuzione dell'incarico oggetto del Contratto sulla base di un Programma Esecutivo Dettagliato (P.E.D.) che dovrà essere trasmesso al Referente di ANAS entro e non oltre 5 giorni dalla data di sottoscrizione del verbale di avvio dell'esecuzione dei lavori. ANAS può richiedere modifiche/integrazioni di detto piano che dovranno essere tempestivamente recepite dall'Affidatario. L'Affidatario deve produrre un modello di Programma Esecutivo Dettagliato entro 20 giorni dalla stipula dell'Accordo Quadro; tale modello, a seguito di approvazione di ANAS, dovrà essere successivamente consegnato con la pianificazione delle attività specifiche relative al singolo Contratto Applicativo. Il Programma Esecutivo Dettagliato dovrà indicare i tempi, le risorse, i mezzi e le attrezzature da utilizzare per lo sviluppo dello specifico incarico, definire la struttura organizzativa che provvederà allo sviluppo delle attività di supporto specialistico richieste e indicare il nominativo del Responsabile delle attività contrattuali e dei Responsabili delle eventuali funzioni coinvolti. Per ognuna della figure devono essere definiti ruoli e responsabilità. L'Affidatario deve inoltre descrivere nel documento le modalità operative che intende mettere in atto per garantire il rispetto dei tempi di esecuzione delle attività e delle prestazioni attese.

Il documento deve essere sviluppato in coerenza con i contenuti delle specifiche applicabili del Sistema di gestione Qualità di ANAS.

7.4 Gestione delle Non Conformità (NC)

L'Affidatario è tenuto a gestire le NC riscontrate secondo le prescrizioni della norma UNI EN ISO 9001 e le procedure del proprio Sistema Qualità. L'Affidatario deve provvedere alla gestione delle NC da esso stesso rilevate ma anche segnalate da ANAS o da enti terzi. L'Affidatario è tenuto ad aprire le Non Conformità mediante relativo rapporto entro 24 ore dal momento della rilevazione e a darne comunicazione ad ANAS.

7.5 Registrazione dei controlli

L'Affidatario, sulla base della documentazione di progetto, delle Specifiche tecniche e delle procedure di esecuzione delle attività è tenuto a conservare la documentazione di registrazione qualità (report, certificati della strumentazione utilizzata, rapporti e registri di non conformità, ecc.) prodotta nel corso delle attività, che deve essere tenuta a disposizione di ANAS e fornita su sua richiesta e comunque e alla conclusione di ogni contratto attuativo. L'Affidatario ha l'obbligo di inviare ad ANAS (tramite e-mail), entro e non oltre 5 giorni dalla sottoscrizione del verbale di avvio dell'esecuzione dei lavori, la programmazione di dettaglio delle attività che intende svolgere, indicando:

- data, luogo ed ora di svolgimento dell'attività;
- riferimenti del soggetto responsabile dell'attività per conto dell'Affidatario;
- descrizione dell'attività.

Non saranno contabilizzate attività e servizi o parti di essi per i quali:

- non siano stati formalmente presentati ed accettati da ANAS i documenti di registrazione della qualità;
- non risultino positivamente risolte e chiuse tutte le Non Conformità riscontrate;
- non siano stati effettuati i controlli previsti e formalmente accettati da ANAS.

Le operazioni di misura, prova e collaudo sono riconosciute valide solo se le apparecchiature utilizzate risultino tarate da centri SIT nazionali o altri Enti internazionali riconosciuti dall'EA (European Accreditation) ovvero, da laboratori qualificati a cura dell'Affidatario secondo i criteri previsti dalla Norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 - "Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura" garantendo comunque il riferimento alla catena metrologica SIT per i campioni utilizzati per la taratura. Qualora la strumentazione non richieda la taratura di enti esterni saranno riconosciute valide le caratteristiche indicate nelle schede tecniche del produttore. I codici identificativi degli strumenti di misura utilizzati devono essere indicati nei documenti di registrazione che attestano le prove eseguite.

7.6 Verifiche Ispettive

ANAS si riserva il diritto, in qualunque momento, di effettuare verifiche ispettive al fine di accertare il soddisfacimento delle prescrizioni contrattuali e per valutare il rispetto delle prescrizioni di qualità e il grado di efficienza del Piano Esecutivo di Dettaglio predisposto dall'Affidatario. Le eventuali Non Conformità rilevate nel corso delle verifiche devono essere risolte mediante un Piano delle Azioni Correttive, che riporta le azioni e i tempi per risolvere le criticità, da inviare ad ANAS per approvazione.

7.7 Sistema di Gestione Ambientale (UNI EN ISO 14001:2004)

Le attività di indagine e scavo archeologico e le connesse attività di bonifica da ordigni bellici dovranno garantire la conformità dei requisiti del Sistema di Gestione Ambientale sviluppato da ANAS per adesione volontaria alla UNI EN ISO 14001, per attuare la propria Politica Ambientale e gestire i propri aspetti ambientali. In particolare, le attività dovranno avvenire nel rispetto dei contenuti del Manuale Integrato Qualità, Ambiente, Salute e Sicurezza.



Anas S.p.A.

Via Monzambano, 10 - 00185 Roma

www.stradeanas.it

STRUTTURE TERRITORIALE/DIREZIONE

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO

Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto - Parte 2

IT.PRL.05.10 – Rev. 2.0

RILIEVI, INDAGINI E MONITORAGGIO

Redatto da:

Il Progettista

Il RUP

Visto: Il Responsabile del Procedimento

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	DPRL - Coordinamento Progettazione	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Direzione Ingegneria e Verifiche	

Modifiche		
Vers. Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima Emissione	MARZO 2020
2.0	Revisione	DICEMBRE 2020

INDICE

1	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	13
1.1	RESPONSABILITÀ DELL’AFFIDATARIO	14
1.2	LEGGE 464/84	14
1.3	PROGRAMMAZIONE DEI SERVIZI	15
1.4	VARIAZIONI ED INTEGRAZIONI DEI SERVIZI PREVISTI	15
1.5	CONDUZIONE E PRESENTAZIONE DEI SERVIZI	16
1.6	RILIEVI PLANOALTIMETRICI DEI PUNTI DI INDAGINE	16
1.7	NORME PER LA VALUTAZIONE DEI SERVIZI	17
	PARTE PRIMA – RILIEVI GEOLOGICI E TERRITORIALI	19
2	PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI	19
3	RILEVAMENTO GEOLOGICO	19
3.1	RILEVAMENTO LITOLOGICO E STRATIGRAFICO	20
3.2	RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO	21
3.3	RILEVAMENTO IDROGEOLOGICO	24
4	RILIEVI GEOSTRUTTURALI E/O GEOMECCANICI	26
4.1	RILIEVI GEOMECCANICI	26
4.2	RILIEVI GEOSTRUTTURALI TRAMITE TECNICHE FOTOGRAFICHE	30
4.3	RILIEVI GEOSTRUTTURALI TRAMITE TECNICHE LASER-SCANNER	33
5	RILIEVI FOTOGRAMMETRICI	35
5.1	FOTO-INTERPRETAZIONE AEREA E SATELLITARE	36
5.2	FOTO-MONITORAGGIO AEREO E SATELLITARE	37
5.3	FOTO-MONITORAGGIO TERRESTRE	38
6	RILIEVI INTERFEROMETRICI	39

6.1	INTERFEROMETRIA SAR SATELLITARE	40
6.2	INTERFEROMETRIA SAR TERRESTRE	43
7	RILIEVI DIRETTI NEL SOTTOSUOLO	47
7.1	PROSPEZIONI DI GAS NEL SOTTOSUOLO	47
	PARTE SECONDA – MONITORAGGIO GEOTECNICO E GEOMORFOLOGICO	50
8	PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI	50
9	ATTIVITÀ A SUPPORTO DEL MONITORAGGIO	54
9.1	COMPENSO FISSO PER INSTALLAZIONE/APPRONTAMENTO PER OGNI CAMPAGNA DI INSTALLAZIONE O DISINSTALLAZIONE DI QUALSIASI STRUMENTO O SENSORE	54
9.2	COMPENSO PER OGNI CAMPAGNA DI MISURE IN SITO, SUCCESSIVE ALLA PRIMA	56
9.3	SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO	56
9.4	SQUADRA DI TECNICI PER MONITORAGGIO GEOTECNICO / STRUTTURALE / GEOMORFOLOGICO	57
10	PIEZOMETRI	58
10.1	PIEZOMETRO A TUBO APERTO IN PVC	59
10.2	PIEZOMETRO DI CASAGRANDE A DOPPIO TUBO	63
10.3	PIEZOMETRO ELETTRICO	68
10.4	PIEZOMETRO ELETTRICO AD INFISSIONE	72
10.5	TRASDUTTORE DI PRESSIONE	75
10.6	MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO	78
11	INCLINOMETRI / ESTENSOINCLINOMETRI	79
11.1	TUBO INCLINOMETRICO IN ABS O ALLUMINIO	80
11.2	INCLINOMETRI FISSI A SONDE/SENSORI	87
11.3	TUBO ESTENSOINCLINOMETRICO IN ABS	90
11.4	MISURA MANUALE DI TUBO INCLINOMETRICO (SIA IN ALLUMINIO CHE IN ABS)	97
11.5	MISURA MANUALE DI INCLINOMETRI FISSI A SONDE/SENSORI	97

11.6	MISURA MANUALE DI TUBO ESTENSOINCLINOMETRICO	98
12	ESTENSIMETRI / ASSESTIMETRI	98
12.1	ESTENSIMETRO MULTIBASE CON ASTE IN FIBRA DI VETRO	99
12.2	ESTENSIMETRO MONOBASE IN ACCIAIO	103
12.3	ESTENSIMETRO INCREMENTALE IN PVC (DOTATO DI RICONTRI DI MISURA INTERNI A BATTUTA)	108
12.4	ESTENSIMETRO MAGNETICO	112
12.5	ASSESTIMETRO A FLUIDO MULTIPUNTO	117
12.6	TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO	120
12.7	MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO	122
12.8	MISURA DI TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO O ASSESTIMETRO A FLUIDO	123
13	BARRETTE ESTENSIMETRICHE	124
13.1	BARRETTA ESTENSIMETRICA (SIA A SILDARE CHE ANNEGATA IN CLS)	124
13.2	MISURA DI BARRETTA ESTENSIMETRICA	127
14	CELLE DI CARICO E CELLE DI PRESSIONE	128
14.1	CELLA DI CARICO PER CENTINA	129
14.2	CELLA DI CARICO A COMPRESSIONE (PER PROVE DI CARICO SU PALI)	131
14.3	CELLA DI CARICO TOROIDALE PER TIRANTI	134
14.4	CELLA DI CARICO A TRAZIONE PER FUNI	137
14.5	CELLA DI PRESSIONE NATM	140
14.6	MISURA DI CELLA DI CARICO O PRESSIONE	143
15	FESSURIMETRI / MISURATORI DI GIUNTO	143
15.1	FESSURIMETRO MANUALE A PIASTRA (SIA PIANO CHE ANGOLARE)	144
15.2	FESSURIMETRO ELETTRICO O A CORDA VIBRANTE	146
15.3	ESTENSIMETRO A FILO	149
15.4	MISURA DI FESSURIMETRO/MISURATORE DI GIUNTO DI QUALSIASI TIPO O ESTENSIMETRO A FILO DI QUALSIASI TIPO	152

16	CLINOMETRI DA PARETE / TILTMETRI	152
16.1	CLINOMETRO FISSO BIASSIALE	153
16.2	PIASTRA CLINOMETRICA REMOVIBILE IN OTTONE	156
16.3	CLINOMETRO A BARRA	159
16.4	MISURA DI CLINOMETRO (DI QUALSIASI TIPO)	162
17	PENDOLI / COORDINOMETRI	162
17.1	PENDOLO DRITTO	163
17.2	COORDINOMETRO FISSO (SIA OTTICO CHE TELECOORDINOMETRO)	166
17.3	MISURA DI COORDINOMETRO (DI QUALSIASI TIPO)	169
18	SENSORI DI TEMPERATURA / TERMOMETRI	169
18.1	SENSORE DI TEMPERATURA	170
18.2	MISURA DI SENSORE DI TEMPERATURA (DI QUALSIASI TIPO)	172
19	ANCORAGGI PER MISURE CON DISTOMETRO A NASTRO	173
19.1	ANCORAGGIO PER MISURE DI CONVERGENZA CON DISTOMETRO A NASTRO	173
19.2	MISURA DI CONVERGENZA CON DISTOMETRO A NASTRO	176
20	MATERIALI E STRUMENTAZIONI VARIE (STRUMENTAZIONE A SUPPORTO DEL MONITORAGGIO GEOTECNICO/GEOMORFOLOGICO)	177
20.1	STAZIONE METEO	177
20.2	PANNELLO SOLARE	180
20.3	CAVO MULTIPOLARE TWISTATO	181
20.4	CAVO IN ACCIAIO (PER INSTALLAZIONI DI PENDOLI, ESTENSIMETRI A FILO, ECC.)	183
20.5	TUBO IDRAULICO	184
20.6	COLLEGAMENTO DI CAVI MULTIPOLARI PER CENTRALIZZAZIONE STRUMENTI	185
21	STRUMENTAZIONE PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO	187
21.1	MINIPRISMA	196
21.2	TARGET RIFLETTENTE (SIA ADESIVO CHE IMBULLONATO)	198

21.3	CAPOSALDO TOPOGRAFICO	201
21.4	STAFFA LIVELLOMETRICA A PERNO O BULLONI TORICI	203
21.5	NASTRO LIVELLOMETRICO CON CODICE A BARRE	206
21.6	STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE	209
22	ACQUISIZIONE E TRASMISSIONE DEI DATI	216
22.1	DATALOGGER	218
22.2	UNITÀ WIRELESS E GATEWAY	221
22.3	MISURE TRAMITE UAD	225
23	DISINSTALLAZIONE STRUMENTI	229
23.1	DISINSTALLAZIONE DI STRUMENTAZIONE RECUPERABILE AL TERMINE DEL MONITORAGGIO	230
	PARTE TERZA – INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE	233
24	PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI	233
25	SONDAGGI GEOGNOSTICI	238
25.1	SONDAGGI GEOGNOSTICI VERTICALI A CAROTAGGIO CONTINUO	238
25.2	SONDAGGI GEOGNOSTICI AD ANDAMENTO DIREZIONATO A CAROTAGGIO CONTINUO	245
25.3	SONDAGGI GEOGNOSTICI VERTICALI A DISTRUZIONE DI NUCLEO	246
25.4	TEREBRAZIONE CON REGISTRAZIONE DEI PARAMETRI DI PERFORAZIONE	247
25.5	CAMPIONAMENTO GEOTECNICO NEI SONDAGGI	249
26	PROVE GEOTECNICHE IN FORO	252
26.1	PROVE DI PENETRAZIONE DINAMICA SPT	252
26.2	PROVE SCISSOMETRICHE VT IN FORO DI SONDAGGIO	254
26.3	PROVA PRESSIOMETRICA	257
26.4	PROVA DILATOMETRICA IN ROCCIA	261
26.5	PROVE DI PERMEABILITÀ IN SONDAGGIO TIPO LEFRANC	262

26.6	PROVA DI PERMEABILITÀ IN SONDAGGIO TIPO LUGEON	263
27	PROVE PENETROMETRICHE	266
27.1	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA DPSH	266
27.2	PROVE PENETROMETRICHE STATICHE DI TIPO MECCANICO	268
27.3	PROVE PENETROMETRICHE STATICHE DI TIPO ELETTRICO	270
27.4	PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PIEZOCONO	272
27.5	PROVA PENETROMETRICA CON CONO SISMICO	274
28	ALTRE PROVE GEOTECNICHE IN SITU	276
28.1	PROVE DI CARICO SU PIASTRA IN TERRE	276
28.2	DETERMINAZIONE DELLA DENSITÀ IN SITO	277
28.3	PROVE DI PORTANZA CON PIASTRA LWD	278
28.4	DETERMINAZIONE CBR IN SITO	278
28.5	PROVA CON MARTINETTO PIATTO	279
29	POZZETTI E TRINCEE ESPLORATIVE	280
29.1	POZZETTI GEOGNOSTICI	280
	PARTE QUARTA – INDAGINI GEOFISICHE	282
30	PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI	282
31	LOG GEOFISICI	282
31.1	OTTICO	283
31.2	ACUSTICO	286
31.3	SONICO	287
31.4	DIREZIONALITÀ DEL FORO	288
31.5	CONDUCIBILITÀ ELETTRICA E TEMPERATURA	289
31.6	GAMMA RAY	291
31.7	MICROMULINELLO	292

31.8	CALIPER MECCANICO	294
32	PROSPEZIONI SISMICHE	295
32.1	PROVE DOWN-HOLE	296
32.2	PROVE CROSS-HOLE	301
32.3	PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE	302
32.4	PROSPEZIONI SISMICHE A RIFLESSIONE	305
32.5	PROSPEZIONE SISMICA IBRIDA	308
32.6	PROSPEZIONE GEOTOMOGRAFICA	309
32.7	PROVE PER ONDE SUPERFICIALI ATTIVE (MASW)	311
32.8	PROVE PER ONDE SUPERFICIALI PASSIVE (RE.MI)	314
32.9	INDAGINI DI SISMICA PASSIVA (HVSR)	315
33	PROSPEZIONI ELETTRICHE	317
33.1	PROSPEZIONI GEOELETTRICHE	317
33.2	TOMOGRAFIA ELETTRICA	319
34	PROSPEZIONI ELETTROMAGNETICHE	321
34.1	PROSPEZIONI CON GEORADAR	322
35	PROSPEZIONI GRAVIMETRICHE	325
35.1	PROSPEZIONI GRAVIMETRICHE/MICROGRAVIMETRICHE	325
36	ALTRE TIPOLOGIE DI PROSPEZIONI	326
36.1	RILIEVO ULTRASONICO CON SONDA BOREHOLE TELEVIEWER (BHTV)	326
36.2	INDAGINI VIDEOENDOSCOPICHE	328
	PARTE QUINTA – PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO	331
37	PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI	331
38	PROVE SU CAMPIONI DI TERRA	332
38.1	APERTURA ED ESTRAZIONE DEL CAMPIONE	333

38.2	DESCRIZIONE DEI CAMPIONI	334
38.3	ANALISI GRANULOMETRICA MEDIANTE SETACCI	334
38.4	ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE DI UNA TERRA	335
38.5	DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE	335
38.6	DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI ACQUA	336
38.7	DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANI	336
38.8	DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG (LIQUIDO E PLASTICO)	337
38.9	DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG (LIMITE DI RITIRO)	337
38.10	DETERMINAZIONE TENORE IN CARBONATI	338
38.11	CLASSIFICAZIONE DI UNA TERRA PER USO STRADALE	338
38.12	PROVA DI TAGLIO CON SCISSOMETRO DA LABORATORIO	339
38.13	PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ELL)	339
38.14	PROVA EDOMETRICA	339
38.15	PROVA DI TAGLIO DIRETTO	340
38.16	PROVA DI TAGLIO ANULARE	341
38.17	PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA – UU341	
38.18	PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA – CU	342
38.19	PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CONSOLIDATA DRENATA – CD	342
38.20	PROVA DI PERMEABILITÀ IN LABORATORIO	343
38.21	PROVA DI RIGONFIAMENTO	343
38.22	PROVA DI COLONNA RISONANTE (RC)	344
38.23	PROVA TRIASSIALE CICLICA DI TIPO PROPERTY (TXC-P)	344
38.24	PROVA TRIASSIALE CICLICA A LIQUEFAZIONE (TXC-L)	345
38.25	PROVA DI TAGLIO TORSIONALE CICLICO (TTC)	345
39	PROVE SU MISCELE NON LEGATE E LAGATE CON LEGANTI IDRAULICI	346
39.1	PROVA DI COMPATTAZIONE PROCTOR	346
39.2	DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI PORTANZA CBR	347

39.3	PROVA DI RESISTENZA A COMPRESSIONE DI PROVINI COMPATTATI	347
39.4	PROVA DI RESISTENZA A TRAZIONE INDIRETTA DI PROVINI COMPATTATI	348
39.5	DENSITÀ RELATIVA DI TERRENI NON COERENTI	348
40	PROVE SU ROCCE (PIETRE NATURALI)	349
40.1	CARATTERISTICHE FISICHE	349
40.2	DETERMINAZIONE DELL'ASSORBIMENTO D'ACQUA A PRESSIONE ATMOSFERICA	349
40.3	DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL GELO	350
40.4	PROVA DI COMPRESSIONE A CARICO CONCENTRATO (POINT LOAD TEST)	350
40.5	PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE SEMPLICE (UCS)	351
40.6	PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE CON ESTENSIMETRI (UCS)	351
40.7	PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE SU ROCCIA	352
40.8	DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A FLESSIONE	352
40.9	PROVA DI TAGLIO SU GIUNTO	353
40.10	ESTRAZIONE PROVINI CILINDRICI DA CAROTE O CAMPIONI DI ROCCIA INFORME	353
40.11	RETTIFICA DI CUBETTI E CAROTE	354
40.12	ANALISI PETROGRAFICA MEDIANTE SEZIONE SOTTILE	354
40.13	ANALISI MINERALOGICA TRAMITE DIFFRATTOMETRIA A RAGGI X	354
41	PROVE SU AGGREGATI	355
41.1	DETERMINAZIONE DELL'EQUIVALENTE IN SABBIA	356
41.2	MASSA VOLUMICA DEI GRANULI E ASSORBIMENTO D'ACQUA	356
41.3	PROVA DI USURA PER ATTRITO RADENTE (C.L.A.)	356
41.4	PROVA DI RESISTENZA ALL'ABRASIONE DI AGGREGATI (MICRODEVAL)	357
41.5	PROVA LOS ANGELES	357
41.6	MASSA VOLUMICA APPARENTE DI AGGREGATI ADDENSATI	358
41.7	MASSA VOLUMICA APPARENTE DEI GRANULI DI UN AGGREGATO	358
41.8	MASSA VOLUMICA REALE DEI GRANULI DI UN AGGREGATO	359
41.9	MASSA VOLUMICA IN MUCCHIO E DEI VUOTI INTERGRANULARI	359

41.10	INDICE DEI VUOTI, POROSITÀ DI UN AGGREGATO	360
41.11	COEFFICIENTE DI FRANTUMAZIONE	360
41.12	PERDITA PER DECANTAZIONE	360
41.13	DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL GELO E DISGELO	361
41.14	DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA	361
41.15	DETERMINAZIONE DELLA FORMA DEI GRANULI – INDICE DI APPIATTIMENTO	362
41.16	DETERMINAZIONE DELLA FORMA DEI GRANULI – INDICE DI FORMA	362
41.17	ANALISI PETROGRAFICA SOMMARIA	363
41.18	PERCENTUALE DI SUPERFICI FRANTUMATE NEGLI AGGREGATI GROSSI	363
41.19	CONTENUTO IN SOSTANZE ORGANICHE	363
41.20	VALORE DEL BLU DI METILENE	364
41.21	CONSUMO INIZIALE DI CALCE (C.I.C.)	364
41.22	CONTENUTO IN SOLFATI	365

1 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

L'oggetto delle presente Sezione del Capitolato è costituito dall'insieme delle attività necessarie per l'esecuzione del rilevamento e dei rilievi strumentali in ambito geologico, del monitoraggio geotecnico e geomorfologico, delle indagini geognostiche, delle prospezioni geofisiche e per le prove di laboratorio su terre e rocce.

Nell'esecuzione di tali attività, senza che l'elencazione debba considerarsi esaustiva, saranno da intendersi a carico dell'Affidatario tutti gli oneri ed adempimenti necessari per l'ottenimento dei permessi e per l'accesso ai punti di rilievo e di indagine, per le occupazioni delle aree, lo stazionamento del personale e delle attrezzature necessarie, per il ripristino delle condizioni precedenti l'esecuzione delle lavorazioni, il risarcimento di eventuali danni a terzi, i carburanti e ogni altro materiale di consumo, i costi logistici e del personale, le attrezzature accessorie, la fornitura di acqua per le perforazioni, il trasporto e la spedizione dei campioni ai laboratori, l'interpretazione, la restituzione e la documentazione dei rilievi e delle lavorazioni eseguiti ed ogni altro onere necessario per l'espletamento a perfetta regola d'arte dei Servizi. Sono inoltre a carico dell'Affidatario tutti gli oneri relativi a tutti i sopralluoghi ritenuti necessari all'espletamento dei Servizi, se non diversamente specificato all'interno delle singole voci. L'Affidatario è quindi tenuto ad assicurarsi, preventivamente all'inizio delle attività in sito, dell'acquisizione dei permessi di accesso e che sul suolo e nel sottosuolo e/o sulle o nelle strutture e sui o nei manufatti interessati dalle indagini e nelle aree di servizio e negli accessi, non esistano impedimenti di qualsiasi genere (quali, ad esempio, vincoli, alberature, servizi, sottoservizi di acque, energia elettrica, telecomunicazioni, cavidotti, fognature, condutture di qualsiasi genere quali gas, teleriscaldamento, aria compressa, ecc.) che possano limitare l'agibilità delle attrezzature od essere danneggiati od arrecare danni. Tale indagine dovrà essere condotta presso tutti gli enti pubblici e/o altri soggetti privati e dovrà essere finalizzata all'ottenimento di una esaustiva documentazione relativa all'ubicazione dei sottoservizi. L'Affidatario dovrà, comunque, provvedere tempestivamente ad eliminarli o proteggerli, dovendo l'ANAS rimanere sollevata ed indenne da ogni responsabilità verso chiunque per danni accidentali di qualsiasi genere, anche provenienti da imprevisti geologici (ad esempio: falde artesiane, presenza di gas naturali, alterazioni di condizioni idrogeologiche e simili, cavità e vuoti sotterranei) ed antropici (contaminazioni di suoli ed acque, presenza di discariche o rifiuti in genere, serbatoi interrati, cavità antropiche, ecc.).

Qualora i luoghi d'indagine ricadano in aree soggette a vincoli di carattere amministrativo, ambientale, urbanistico, archeologico o di qualunque altro genere, sarà compito dell'affidatario, in ciò delegato dall'ANAS, provvedere all'ottenimento di tutte le autorizzazioni previste per l'accesso ai luoghi, riscontrando tutti gli adempimenti richiesti e fornendo agli Enti interessati tutta la documentazione allo scopo necessaria.

L'Affidatario non potrà nulla pretendere per eventuali ritardi nell'ultimazione dei servizi dovuti a difficoltà nell'ottenimento delle relative autorizzazioni.

Oltre al rispetto delle normali procedure antinfortunistiche previste dalla vigente legislazione, nel caso che la Società sia chiamata ad operare entro aree nelle quali esistano o siano temuti fenomeni di inquinamento ad opera di sostanze tossiche o nocive, essa è tenuta a prendere le misure di sicurezza per prevenire la contaminazione da diretto contatto o inalazione del personale addetto ai lavori.

L'Affidatario dovrà, in ogni momento, a semplice richiesta dell'ANAS, dimostrare di aver provveduto in tal senso.

Gli oneri tutti sopra specificati si intendono compensati nell'importo complessivo dei Servizi.

Tutti i punti d'indagine (sondaggi, prove penetrometriche, pozzetti geognostici, estremi delle basi geofisiche, strumentazione di monitoraggio, ecc.) dovranno essere opportunamente georeferenziati a seguito di apposito rilievo planoaltimetrico, eseguito secondo le indicazioni dell'ANAS. Gli esiti del rilievo verranno riportati in apposito elaborato denominato "Rapporto tecnico sui rilievi planoaltimetrici".

1.1 RESPONSABILITÀ DELL'AFFIDATARIO

Ai sensi di quanto disposto dal D.Lgs. 81/2008 "Testo Unico sulla Sicurezza" e ss.mm.ii., l'Affidatario dovrà predisporre, prima dell'inizio dei lavori, il piano delle misure di sicurezza fisica dei lavoratori.

L'Affidatario risponderà del rispetto del piano stesso attraverso il responsabile incaricato di eseguire l'attività oggetto dell'incarico.

Qualora previsto dall'ANAS, l'Affidatario sarà tenuto a rispettare quanto previsto nel Documento Unico di Valutazione dei Rischi Interferenti (DUVRI) redatto, secondo quanto specificato nella Procedura Aziendale ANAS - PA.DCROS.03 del 01.09.2011, ai sensi dell'Art. 26, comma 3 del D.Lgs. 81/08, in cui vengono previsti i costi per la sicurezza da rischi interferenti, non soggetti a ribasso.

L'Affidatario dovrà osservare le norme derivanti dalle vigenti Leggi relative alla prevenzione ed assicurazione infortuni sul lavoro, alle varie previdenze e assicurazioni sociali ed ogni altra disposizione in vigore, o che potrà intervenire nel corso del contratto, per la tutela materiale e morale dei lavoratori.

1.2 LEGGE 464/84

Sarà onere dell'Affidatario ottemperare alla Legge 4 agosto 1984 n. 464, che prevede l'obbligo di comunicare al Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia (ISPRA) le informazioni relative a studi o indagini nel sottosuolo nazionale, per scopi di ricerca idrica o per opere di ingegneria civile, riguardanti in particolare le indagini a mezzo di scavi, perforazioni e rilievi geofisici spinti a profondità maggiori di 30 metri dal piano campagna e, nel caso delle gallerie, maggiori di 200 metri di lunghezza. L'Affidatario dovrà porre a conoscenza il Responsabile dei servizi per conto di ANAS delle avvenute trasmissioni. Quest'ultima non procederà alla liquidazione finale dei Lavori, Forniture o Servizi in assenza dei suindicati adempimenti.

La trasmissione della documentazione deve avvenire mediante una comunicazione preventiva di inizio indagine e, successivamente, una comunicazione definitiva di fine indagine (o sospensione), attenendosi alle modalità di trasmissione reperibili sul sito dell'ISPRA.

1.3 PROGRAMMAZIONE DEI SERVIZI

L'ANAS fornirà all'Affidatario, all'atto della consegna dei servizi, e comunque prima dell'avvio delle attività, i seguenti dati:

- Planimetria ubicativa delle aree da rilevare, delle verticali d'indagine e delle prospezioni geofisiche;
- Piano di monitoraggio, laddove previsto, con indicazione della tipologia della strumentazione prevista e relativa ubicazione planimetrica, della frequenza delle letture, ecc.;
- Scheda sintetica delle indagini previste, con riferimento alle progressive o alle opere in progetto, comprendente: tipologia di indagine richiesta (sondaggi, pozzetti esplorativi, prove penetrometriche, prospezioni geofisiche, altro), profondità da raggiungere, prove in sito, prelievo di campioni richiesti compatibilmente con la natura dei terreni che verranno accertati, posa in opera di strumentazione (piezometri, inclinometri, prove geofisiche, ecc.) ed ogni altra tipologia di indagini ritenuta opportuna.

1.4 VARIAZIONI ED INTEGRAZIONI DEI SERVIZI PREVISTI

Le indicazioni contenute nel piano di monitoraggio e nel programma delle indagini (Scheda sintetica) consegnati all'Affidatario devono ritenersi come previsioni, e possono essere soggette ad adeguamenti, sulla base di elementi di carattere progettuale o logistico. L'ANAS, pertanto, si riserva piena ed ampia facoltà di introdurre, in sede di esecuzione dei Servizi, quelle varianti che riterrà opportune nell'interesse della buona riuscita e dell'economia degli stessi, in funzione delle esigenze progettuali, senza che l'Affidatario possa trarne motivi per avanzare pretese di compensi ed indennizzi di qualsiasi natura e specie.

L'Affidatario, per contro, non potrà variare né modificare il programma dei servizi, senza averne ottenuto la preventiva autorizzazione dall'ANAS, la quale avrà diritto di non valutare quelle lavorazioni che risultassero eseguite in contravvenzione a tale disposizione e, altresì, di fare ripristinare, a spese dell'Affidatario stesso, le condizioni morfologiche, di stabilità e di permeabilità del terreno preesistenti alla esecuzione delle stesse, secondo le modalità che verranno fissate dall'ANAS.

E' fatto obbligo all'Affidatario di apportare ai servizi, anche se già elaborati e presentati, tutte le modifiche e le integrazioni ritenute necessarie e richieste dall'ANAS, senza che ciò dia diritto a speciali o maggiori compensi.

1.5 CONDUZIONE E PRESENTAZIONE DEI SERVIZI

In relazione a tutte le operazioni tecniche oggetto dei servizi (rilievi, sondaggi, prove in situ e laboratorio, prospezioni, prelievi, analisi, ecc.) l'Affidatario fornirà le relative elaborazioni, grafiche e numeriche, secondo le prescrizioni fornite dall'ANAS.

Tutti gli elaborati di cui sopra verranno presentati, su supporto cartaceo (n.1 copia) e su supporto magnetico (DVD; CD-ROM).

Gli elaborati grafici dovranno normalmente essere prodotti su tavole di formato A1, impaginate in una mascherina prodotta dall'ANAS, e dovranno inoltre essere resi disponibili su file.

In particolare i formati dei file consegnati dovranno essere compatibili con i seguenti software:

- AUTOCAD, per la grafica 2D e 3D;
- MS-WORD per Windows per la redazione dei testi;
- MS-EXCEL per Windows per il calcolo e la redazione di tabelle e/o grafici;
- formati "raster" più diffusi (.pdf, .tif, .jpg, .pcx, ecc.) per i certificati e gli altri elaborati tecnici (certificati di calibrazione strumenti, grafici, ecc.);
- Supporti GIS (shape file), laddove specificato nel contratto e richiesto dalla S.A.;
- Piattaforme WEB, laddove specificato nel contratto e richiesto dalla S.A.

In aggiunta, potrà essere concordata con l'ANAS la fornitura delle stratigrafie di sondaggio in formato diverso (modificabile).

Tutti gli elaborati prodotti e consegnati, relativi ai servizi svolti (rapporti, relazioni, elaborati grafici, planimetrie e carte tematiche, certificati di laboratorio, ecc.), saranno redatti e firmati, per le parti di rispettiva competenza, dal Responsabile tecnico indicato dall'Affidatario all'atto della consegna dei servizi e dal Direttore del Laboratorio (Geologo o Ingegnere specializzato nelle discipline geotecniche, iscritti all'Albo Professionale).

Le operazioni d'indagine saranno considerate ultimate all'atto della trasmissione formale all'ANAS della documentazione tecnica definitiva relativa alle stesse. L'Affidatario dovrà comunque tenere aggiornata la documentazione preliminare dei lavori e trasmetterla con frequenza almeno settimanale al funzionario ANAS incaricato del controllo dei Servizi.

1.6 RILIEVI PLANOALTIMETRICI DEI PUNTI DI INDAGINE

L'Affidatario provvederà alle operazioni topografiche di rilievo planoaltimetrico di ogni singolo punto di prova, secondo le modalità e le procedure indicate dall'ANAS. Sarà sua cura il reperimento degli elementi

di appoggio del rilievo topografico (capisaldi, coordinate, ecc.). Di tali operazioni l'Affidatario fornirà all'ANAS i relativi elaborati grafici.

In particolare, dovrà essere prodotto uno specifico elaborato (**Rapporto tecnico sui rilievi pianoaltimetrici**) nel quale verrà esposta la metodologia utilizzata, il sistema di riferimento o la rete di stazioni GNSS utilizzati, i capisaldi di appoggio e/o le stazioni permanenti e virtuali per i rilievi GPS ed i relativi apparati, il grado di precisione/approssimazione delle misure, e corredato da una scheda di rilievo monografica per ogni punto rilevato, recante le coordinate planimetriche nel sistema di riferimento indicato (usualmente duplice: Gauss-Boaga e WGS84), la quota e la documentazione fotografica relativa alle operazioni di rilievo di campagna.

Le indagini geognostiche e geofisiche saranno georeferenziate in un apposito elaborato (**Ubicazione planimetrica delle indagini**) nella scala indicata dall'ANAS, con i seguenti contenuti:

- ubicazione di tutte le indagini eseguite nell'area interessata dal progetto;
- simbologia per i diversi tipi di indagini e codice identificativo di ciascuna di esse, riportato in planimetria;
- tabella riepilogativa delle coordinate delle indagini.

1.7 NORME PER LA VALUTAZIONE DEI SERVIZI

La contabilizzazione e la conseguente valorizzazione delle operazioni eseguite verrà effettuata dall'ANAS successivamente alla consegna della documentazione tecnica ad esse relativa ed al completo recepimento delle osservazioni formulate dall'ANAS in ordine ad eventuali carenze o incompletezza della documentazione fornita. L'ANAS, quindi, sottoporrà all'Affidatario il relativo libretto delle misure per la necessaria accettazione.

L'Affidatario, nel corso dello svolgimento dei servizi, sarà comunque tenuto a seguire per proprio conto l'avanzamento e la quantificazione delle operazioni tecniche, affinché l'importo degli stessi venga contenuto entro l'ammontare complessivo indicato nel Contratto.

I servizi verranno quantificati a misura, in base ai prezzi unitari, allegati al Contratto, che risultano dall'apposito Elenco Prezzi ANAS in vigore, con le deduzioni del ribasso pattuito. Tali prezzi comprendono ogni spesa per forniture, trasporti, ecc., le quote per assicurazioni sociali del personale, ogni spesa per dare a piè d'opera macchinari, strumentazioni, dispositivi, ecc., nonché tutte le spese per prelievi, prove in sito e/o in laboratorio, per i mezzi d'opera provvisori, nessuna esclusa, e quanto altro occorra per dare i servizi completi a perfetta regola d'arte, intendendosi nei prezzi stessi compreso ogni compenso per gli oneri tutti che l'Affidatario dovrà sostenere a tale scopo.

I prezzi medesimi, diminuiti del ribasso offerto e sotto le condizioni contenute nel Contratto, s'intendono accettati dall'Affidatario, in base a sue valutazioni e sono, quindi, da intendersi invariabili durante lo svolgimento dei servizi ed indipendenti da qualsiasi eventualità.

La valorizzazione di eventuali operazioni aggiuntive non previste verrà concordata con l'Affidatario ed effettuata applicando l'Elenco Prezzi ANAS in vigore, deducendo dai corrispondenti articoli il ribasso offerto.

PARTE PRIMA – RILIEVI GEOLOGICI E TERRITORIALI

2 PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI

L'oggetto della presente Sezione del Capitolato è costituito dall'insieme delle attività connesse all'acquisizione dei dati di base di supporto agli studi inerenti la geologia, in senso generale, al rilievo in remoto ed al monitoraggio dei fenomeni naturali, con particolare riferimento alle condizioni geostrutturali e di stabilità dei versanti, inclusa la necessaria fase interpretativa in funzione degli specifici scopi prefissati.

Tutte le attività descritte e contenute nella presente sezione si caratterizzano per la necessità di prevedere, oltre ad una prima fase di acquisizione ed elaborazione dei dati, una successiva fase volta all'interpretazione degli stessi in funzione del contesto geologico e geomorfologico sito-specifico, attraverso la quale gli stessi possano trovare validità ed efficacia. La natura intellettuale di queste attività presuppone che esse siano svolte da strutture dotate di adeguata specializzazione. In particolare, l'Affidatario è obbligato a garantire la presenza, a tempo pieno, all'interno dell'unità lavorativa, di un Geologo in possesso dell'abilitazione alla professione. L'Affidatario sarà tenuto a comunicare all'ANAS, in occasione della consegna dei servizi, il nominativo ed i riferimenti del Geologo.

3 RILEVAMENTO GEOLOGICO

Le attività riguardanti i rilievi diretti sono suddivise nelle sottoelencate categorie:

- Rilevamento litologico e stratigrafico;
- Rilevamento geomorfologico;
- Rilevamento idrogeologico.

Data la natura dei servizi richiesti il Geologo, in possesso dell'abilitazione alla professione, indicato dall'Affidatario, sarà responsabile dell'intero svolgimento dei servizi, curerà e coordinerà l'esecuzione delle attività di rilevamento, della stesura della relazione tecnica conclusiva e di tutti gli elaborati grafici richiesti.

Gli elaborati cartografici tematici (Carte Lito-stratigrafiche, Geomorfologiche, Idrogeologiche, Profili e Sezioni geologiche, ecc.) dovranno essere redatti in scala appropriata al livello d'indagine proposto e comunque con un dettaglio non inferiore ad 1:5.000, secondo i criteri di rappresentazione cartografica e gli schemi tipologici richiesti e forniti dall'ANAS. Essi dovranno, fra l'altro, essere corredati di tutte le informazioni utili all'individuazione della società o ente di appartenenza e ad una chiara e corretta comprensione dello studio.

Tutti gli elaborati cartografici dovranno essere redatti su basi topografiche di adeguato dettaglio e georeferenziati nel sistema UTM (ellissoide di riferimento WGS84) e Gauss-Boaga.

La valorizzazione dei servizi, di carattere professionale, dovrà essere basata su criteri oggettivi e commisurata al grado di complessità della prestazione ed alle difficoltà di ordine logistico, orografico, ecc. nonché all'impegno previsto, in termini temporali e di risorse impiegate, ed alla tipologia della documentazione prodotta, e sarà comprensiva di tutti gli oneri e spese ipotizzabili per il compiuto completamento dell'incarico.

3.1 RILEVAMENTO LITOLOGICO E STRATIGRAFICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **Q.08.001** "Rilievo geologico di dettaglio su basi cartografiche"
- **Q.08.010** "Redazione schede di rilievo"
- **Q.08.014** "Stesura di relazione geologico-tecnica finale"
- **Q.08.016** "Restituzione grafica di elaborati geologici"

3.1.1 Descrizione

Consiste nella raccolta sistematica sul terreno delle informazioni riguardanti le caratteristiche geologiche dell'area e nella loro rappresentazione, mediante opportune simbologie e graficismi, su una base topografica a scala idonea. In conformità a tali caratteristiche il rilevamento geologico in sito deve essere eseguito da personale tecnico dotato di comprovata esperienza in questo specifico settore.

Questo rilevamento è finalizzato all'individuazione della litologia delle rocce affioranti (con annotazione di colore, spessore, granulometria, addensamento, tessitura, classazione, matrice, stratificazione, presenza di strutture sedimentarie, presenza di fossili), della datazione (da confermare con eventuale studio paleontologico), dei rapporti stratigrafici e tettonici (giacitura degli strati, individuazione della successione stratigrafica, presenza di elementi tettonici fragili e/o duttili con indicazione delle loro caratteristiche peculiari), delle coperture quaternarie, con analisi delle caratteristiche geotecniche, valutazione degli spessori e grado di attività.

3.1.2 Modalità esecutive

Fasi operative:

1. Ricerche bibliografiche preliminari (carte preesistenti, foto aeree, pubblicazioni e studi sull'area di interesse o zone limitrofe);
2. Rilevamento di campagna (ricerca di affioramenti, raccolta di campioni, annotazioni su libretto di campagna);

3. Elaborazione e rappresentazione dei dati (creazione di una legenda, di carte e sezioni geologiche e di note illustrative).

3.1.3 Documentazione finale

- Relazione tecnica, con indicazione dell'ubicazione dell'area di studio, studi e pubblicazioni precedenti, criteri e metodologia adottata nelle attività di rilevamento, quadro geologico generale, descrizione della successione stratigrafica individuata, descrizione degli affioramenti;
- Schede di rilevamento degli affioramenti (corredate da relativa documentazione fotografica) secondo i tipi forniti dall'ANAS;
- Carta degli affioramenti rilevati, in scala adeguata, comprendente la codifica univoca dei punti di stazione, con riferimento alle schede di dettaglio, il cromatismo simbolico riferito alla litologia rilevata, ed una rappresentazione sintetica della giacitura misurata, riferita agli elementi stratimetrici e/o tettonici;
- Carta lito-stratigrafica a scala adeguata, derivante dall'elaborazione e dall'estrapolazione areale delle informazioni di base contenute negli elaborati di cui ai punti precedenti;
- Profili e sezioni geologiche generali e di dettaglio, redatti sia secondo le esigenze generali di rappresentazione dell'assetto geologico-strutturale dell'area studiata che per eventuali situazioni critiche individuate, sia sulla base delle esigenze progettuali rappresentate dall'ANAS;
- Riferimenti bibliografici.

3.2 RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **Q.08.001** "Rilievo geologico di dettaglio su basi cartografiche"
- **Q.08.010** "Redazione schede di rilievo"
- **Q.08.014** "Stesura di relazione geologico-tecnica finale"
- **Q.08.016** "Restituzione grafica di elaborati geologici"

3.2.1 Descrizione

Consiste nella raccolta sistematica sul terreno dei dati riguardanti sia le forme (di erosione e di accumulo) sia i depositi superficiali e nella loro rappresentazione, mediante opportune simbologie e graficismi, su una base topografica a scala idonea. Il rilevamento è finalizzato ad una descrizione accurata e ad un'analisi rigorosa degli aspetti fisici del territorio indagato, con particolare riguardo agli elementi geomorfologici di

criticità che lo caratterizzano. In conformità a tali caratteristiche il rilevamento geomorfologico in sito deve essere eseguito da personale tecnico dotato di comprovata esperienza in questo specifico settore.

3.2.2 Modalità esecutive

Il rilevamento geomorfologico dovrà essere condotto, salvo integrazioni e modifiche da parte dell'ANAS S.p.A., secondo le metodologie e le normative tecniche previste nel Quaderno, ser. III, vol. 4, del Servizio Geologico Nazionale (Brancaccio et alii, 1994).

Consta di:

- Ricerca cartografica, bibliografica e d'archivio (IFFI, PAI, ecc.);
- Indagini dirette di terreno;
- Fotointerpretazione.

Il rilevamento geomorfologico diretto di terreno dovrà necessariamente essere svolto contemporaneamente o successivamente a quello geologico. Da quest'ultimo, infatti, vanno desunti i dati relativi alle formazioni del substrato, che andranno rielaborati e ripartiti, secondo criteri geomorfologici, in categorie litologiche fondamentali, in base al loro grado di resistenza ai processi di degradazione ed erosione o ad altri fattori che possono assumere importanza nella morfogenesi (Brancaccio et alii, 1994).

Le indagini in sito devono essere svolte secondo la seguente modalità:

- Utilizzo di basi topografiche aggiornate e di dettaglio ($\geq 1:5.000$);
- Raccolta sistematica in sito dei dati riguardanti forme di erosione e di accumulo e dei depositi superficiali privi di una loro configurazione caratteristica.

Ogni forma, sia essa di erosione o di accumulo, va caratterizzata in base a:

- Criteri morfogenetici (genesì);
- Criteri morfometrici (geometriche);
- Criteri morfoevolutivi (stato di attività);
- Criteri morfocronologici (collocazione cronologica).

Per quanto riguarda, invece, i depositi associati alle forme di accumulo e quelli privi di una loro configurazione caratteristica, andranno acquisiti, tramite apposite schede, i dati riportati ai punti successivi. Queste informazioni (spessore, geometria, caratteristiche stratigrafiche, fisiche, strutturali, ecc.) sono di grande utilità non solo per giungere ad un'interpretazione genetica dei suddetti depositi, ma anche per finalità del tutto applicative, come negli studi finalizzati alla scelta dei tracciati stradali e nella progettazione e realizzazione delle infrastrutture viarie.

Andranno al contempo condotte interviste ai residenti ed al personale su strada (sorveglianti e cantonieri) per acquisire utili informazioni su eventuali dati di sottosuolo e sul tipo, entità e ricorrenza dei più significativi fenomeni geomorfologici avvenuti nell'area d'indagine (movimenti franosi, fenomeni alluvionali, ecc.).

3.2.3 Documentazione finale

- Relazione generale con indicazione dell'ubicazione dell'area di studio, studi e pubblicazioni prece-denti, criteri e metodologia adottata nel rilevamento geomorfologico, quadro geologico-geomorfologico generale, descrizione delle tipologie dei processi, delle forme e dei depositi superficiali riscontrati in sito e cartografati, individuazione e descrizione dettagliata degli elementi geomorfologici di maggiore criticità in funzione delle opere previste nel progetto, documentazione fotografica, riferimenti bibliografici.
- Schede di rilevamento frane, in funzione del livello progettuale (riferimento schede Progetto IFFI);
- Carta Geomorfologica in scala adeguata, recante, fra l'altro, la georeferenziazione delle stazioni di rilievo, riferite alle schede analitiche;
- Schede di rilevamento dei depositi superficiali (naturali ed antropici);
- Eventuale Cartografia tematica (ad es. carta delle isopache dei depositi superficiali, carta della suscettibilità da frana, carta delle acclività, ecc.) in scala adeguata;
- Riferimenti bibliografici.

Tabella 1 - Elementi essenziali costituenti le schede di rilevamento geomorfologico.

Tipologia di rilevamento	Informazioni fornite	
Frane <i>(Progetto IFFI – Amanti et alii, 1996; 2001a; 2001b)</i>	Codice identificativo (ID-frana)	
	Ubicazione plano-altimetrica	Estensione areale
		Sviluppo in profondità
	Caratteristiche litologiche terreni coinvolti	
	Tipologia movimento franoso	
	Stato di attività movimento franoso	
	Interazione con la struttura da realizzare	
	Documentazione fotografica	

Depositi superficiali <i>(Baggio et alii, 1997)</i>	Codice identificativo (ID-affioramento)	
	Ubicazione plano-altimetrica	
	Tipo affioramento (singolo, areale, a gruppo...)	
	Natura affioramento (esposizione naturale, sbancamento artificiale, rilevato antropico...)	
	Dimensioni	Lunghezza affioramento
		Altezza affioramento
	Durevolezza	
	Rappresentazione schematica affioramento	
	Documentazione fotografica	

3.3 RILEVAMENTO IDROGEOLOGICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **Q.08.001** "Rilievo geologico di dettaglio su basi cartografiche"
- **Q.08.010** "Redazione schede di rilievo"
- **Q.08.014** "Stesura di relazione geologico-tecnica finale"
- **Q.08.016** "Restituzione grafica di elaborati geologici"

3.3.1 Descrizione

Consiste nella individuazione delle strutture idrogeologiche costituenti il sottosuolo ed interferenti con le opere, della geometria che regola il deflusso idrico sotterraneo, dell'interazione tra acque sotterranee di differenti acquiferi ed acque superficiali, della caratterizzazione fisica e chimica delle acque sotterranee, della definizione del deflusso idrico sotterraneo.

3.3.2 Modalità esecutive

Consta di:

- Raccolta bibliografica di tutte le informazioni (geologiche, geomorfologiche, litostratigrafiche, tettoniche, idrogeologiche) sull'area di studio;
- Acquisizione dei dati diretti relativi ai punti d'acqua (pozzi, sorgenti) opportunamente georeferenziati, censiti e gestiti da privati o da Enti/Amministrazioni ed ai principali parametri

idrologici e climatici (precipitazioni, temperature, ecc.) presso Servizi Idrografici, Regioni, Università, ecc.;

- Ricostruzione del modello idrogeologico interferente con le opere, con restituzione dei relativi elaborati.

Le informazioni da raccogliere sul campo, relativamente a ciascun pozzo o sorgente saranno, oltre a quelle generali (ubicazione, georeferenziazione, proprietà, stratigrafia, condizionamento, profondità pompa, livello statico/dinamico, ecc.), quelle inerenti i dati caratteristici più significativi, quali l'uso e le caratteristiche chimico-fisiche rilevabili speditivamente (temperatura, pH, conducibilità, O₂ disciolto, altro) eventualmente, su richiesta dell'ANAS, integrate con il prelievo di campioni d'acqua per determinazioni di carattere chimico-fisico e/o microbiologico.

Tramite tali dati, congiuntamente a quelli dedotti da bibliografia, è possibile attribuire ai terreni caratteristiche idrauliche utili alla ricostruzione delle caratteristiche della circolazione idrica sotterranea e della morfologia della superficie piezometrica.

A tale scopo, tramite lettura ed interpretazione delle carte geologiche e rilievi mirati, integrati con i dati di base opportunamente acquisiti, è possibile mappare e quantificare le aree di ricarica delle acque sotterranee e l'infiltrazione dell'acqua stessa ai fini della valutazione del bilancio idrogeologico.

Nelle aree prive di affioramenti, ad esempio in aree di pianura, ove non è possibile effettuare un rilevamento geologico diretto di dettaglio, le informazioni sul sottosuolo sono ricavate da indagini dirette o indirette specifiche (sondaggi, prove di permeabilità, altro).

3.3.3 Documentazione finale

- Relazione generale con indicazione dell'ubicazione dell'area di studio, studi e pubblicazioni precedenti, criteri e metodologia adottata nel rilevamento idrogeologico, quadro geologico-geomorfologico generale, bilancio idrogeologico dell'area di studio, descrizione delle caratteristiche idrogeologiche dei terreni (permeabilità, conducibilità, chimismo, altro), documentazione fotografica, riferimenti bibliografici.
- Schede di rilevamento dei punti d'acqua secondo standard forniti dall'ANAS;
- Carta dei punti d'acqua censiti (pozzi e sorgenti, ecc.) con codifica univoca e riferimento specifico alle schede analitiche;
- Carta Idrogeologica in scala adeguata;
- Cartografia tematica (ad es. carta delle isopieze, delle isoaline, carta della distribuzione di particolari parametri, carta della vulnerabilità degli acquiferi, ecc.).

4 RILIEVI GEOSTRUTTURALI E/O GEOMECCANICI

Un ammasso roccioso è un mezzo discontinuo, usualmente costituito da blocchi di materiale separati da giunti o da discontinuità; il suo comportamento meccanico dipende quindi sia dalle proprietà del materiale roccioso (matrice) sia dalle caratteristiche delle discontinuità. Inoltre, le discontinuità introducono nell'ammasso roccioso una struttura orientata anche quando il materiale roccioso è isotropo; ne deriva spesso una anisotropia del comportamento meccanico dell'ammasso. Principale obiettivo di tutti questi rilievi sarà dunque quello di definire le proprietà della matrice rocciosa e quelle delle discontinuità e, di conseguenza, la qualità degli ammassi rocciosi investigati mediante l'ausilio dei sistemi classificativi di uso più comune. Dovranno dunque essere tassativamente ricavati tutti i parametri necessari affinché, attraverso l'utilizzo dei metodi di approccio equivalente continuo presenti in letteratura scientifica e tecnica, sia possibile definire le caratteristiche meccaniche, in termini di resistenza e deformabilità, degli ammassi rocciosi, alla scala di versante e/o dell'opera in progetto. Analogamente, attraverso l'utilizzo delle proiezioni stereografiche, dovranno essere evidenziati condizioni di instabilità, anche potenziale, dovute alla presenza ed orientamento nello spazio di piani di discontinuità che possono rappresentare superfici di scorrimento planare e/o di cunei di roccia (Test di Markland).

4.1 RILIEVI GEOMECCANICI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **Q.08.015** "Rilievo geostrutturale e geomeccanico di affioramenti rocciosi"
- **Q.08.017** "Rilievo geostrutturale e geomeccanico di pareti rocciose subverticali"

4.1.1 Descrizione

Acquisizione, mediante misure dirette su affioramenti rocciosi naturali o artificiali e/o su fronti di scavo, degli elementi relativi alle caratteristiche geostrutturali e geomeccaniche dell'ammasso roccioso. Tali rilevamenti sono finalizzati a classificazioni di tipo sia qualitativo che quantitativo, e, tramite metodi di approcci equivalenti continui, alla definizione delle caratteristiche di resistenza e deformabilità degli ammassi rocciosi.

Il rilevamento geostrutturale permette di definire la distribuzione geometrica e statistica delle discontinuità presenti su un affioramento, la cui rappresentazione spaziale è effettuata tramite il ricorso alle proiezioni stereografiche.

4.1.2 Modalità esecutive

L'esecuzione dei rilievi deve essere conforme alle prescrizioni "ISRM (1978) - Commission on standardization of laboratory and field tests. Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. 15, pp. 319–368", e "ISRM -

Metodologie per la descrizione quantitativa delle discontinuità nelle masse rocciose. (1993) Rivista Italiana di Geotecnica, n.2, 151-200", alle quali si rimanda direttamente per quanto non espressamente precisato nel seguito.

Il rilievo di ogni stazione di misura si esegue avendo cura di selezionare affioramenti rappresentativi ed omogenei da rilevare e documentare separatamente.

Il rilievo si eseguirà materializzando sul fronte da rilevare una linea, della maggior lunghezza possibile, effettuando le misure in corrispondenza dei punti di intersezione dei piani con la traccia dello stendimento e misurando solo le discontinuità che intersecano la linea di rilievo.

Si dovranno eseguire stendimenti di misura fra loro tendenzialmente ortogonali, in modo da descrivere compiutamente l'ammasso in senso realisticamente tridimensionale.

Regolari alternanze di diversi tipi litologici (es.: sabbie ed argille, marne e calcareniti) potranno essere definite con il termine di "interstratificazione" precisando la media aritmetica dello spessore dei livelli e descrivendo il ritmo delle alternanze.

Ad ogni stazione di misura verrà quindi associata una scheda di rilievo che dovrà contenere innanzitutto le informazioni generali di descrizione del sito come di seguito dettagliate:

- Codice univoco della stazione di misura;
- Data;
- Operatore;
- Località;
- Riferimento cartografico;
- Tipo di affioramento e, nel caso di versante artificiale, il metodo di scavo utilizzato;
- Giacitura del piano affioramento (orientazione, altezza sul piano campagna, larghezza);
- Giacitura di ogni linea di scansione (direzione, inclinazione, lunghezza).

Andranno evidenziati i principali elementi geologici e stratigrafici (formazione, età, litologia, presenza di faglie, pieghe, fratture beanti, presenza di filoni, evidenze di carsismo, contatti litologici interni all'area di rilievo) e descritto il tipo di ammasso (massivo, a blocchi, irregolare, lastriforme, colonnare) secondo la classificazione proposta da Ercoli (1981).

Andrà inoltre evidenziata la presenza e la tipologia di eventuali fenomeni di instabilità in roccia in corrispondenza del fronte di rilievo. Andranno indicate le giaciture dei piani di discontinuità sui quali si è sviluppato il fenomeno gravitativo ed il volume della massa mobilizzata.

La matrice rocciosa, andrà descritta e caratterizzata in base ai seguenti parametri:

- Definizione petrografica: che deve tenere conto, almeno a grandi linee, della modalità di formazione, della costituzione mineralogica e delle caratteristiche tessiturali. La roccia andrà quindi classificata secondo gli schemi adottati in "ISRM (1981) – Basic geotechnical description of rock masses. Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 18, pp. 85-110";
- Grado di alterazione, che può modificare sostanzialmente le caratteristiche meccaniche della matrice rocciosa. Esso andrà indicato attraverso la classificazione proposta in ISRM (1978);
- Proprietà indice riferite alla classifica tecnica di Deere e Miller (1966), basata sia sulla resistenza a compressione uniassiale, sia sul rapporto tra quest'ultimo e il modulo di tangente di Young. In assenza di prove di laboratorio geotecnico è possibile utilizzare prove speditive di campo quali il Point Load Test o la prova sclerometrica (martello di Schmidt di tipo L) per la stima delle caratteristiche di resistenza e deformabilità della roccia intatta.

Ogni discontinuità intercettata lungo la linea di rilievo dovrà essere descritta in base alle seguenti caratteristiche:

- Intersezione: distanza tra il punto d'inizio della linea di scansione e il punto nel quale il piano di discontinuità interseca la linea;
- Tipo di discontinuità (piano di strato, di scistosità, contratto stratigrafico, piano di clivaggio, faglia, vena, altro); ,
- Giacitura: ovvero l'orientazione nello spazio, in termini di "direzione di immersione" (*dip direction*) e di inclinazione (*dip*) del piano di discontinuità;
- Estensione o semitraccia. Si intende la lunghezza della discontinuità misurata a partire dal punto di intersezione con la linea di scansione fino alla terminazione superiore od inferiore della discontinuità;
- Terminazione della semitraccia secondo la simbologia indicata dall'ISRM (I = roccia intatta; A = altra discontinuità; O = fuori affioramento);
- Rugosità, o scabrezza riferita alle irregolarità a piccola scala delle pareti della discontinuità e, definita dal valore del parametro JRC (*Joint Roughness Coefficient*), variabile da 1 a 20, ricavato attraverso l'utilizzo di un profilatore a pettine (*Shape Tracer di Barton*) ed ad un abaco proposto da Barton & Choubey (1977);
- Apertura, intesa come distanza ortogonale tra le pareti della discontinuità;
- Riempimento: materiale presente all'interno delle discontinuità aperte, definito precisando composizione granulometrica, mineralogica e la compattezza dello stesso;

- Alterazione delle pareti. Questo parametro fornisce importanti indicazioni, specialmente su fronti di scavo in sotterraneo, circa la presenza di filtrazione di acqua negli ammassi rocciosi, essendo le discontinuità delle vie preferenziali della circolazione idrica in profondità;
- Resistenza a compressione uniassiale delle pareti delle discontinuità JCS (*Joint Compressive Strength*) determinata attraverso l'utilizzo dello sclerometro (Martello di Schmidt di tipo L). Ogni serie di misure dovrà consistere in 10 prove sclerometriche sulla superficie della discontinuità naturale. Secondo quanto prescritto da Barton & Choubey (1977), andranno scartati i 5 valori più bassi e la resistenza a compressione uniassiale andrà determinata sul valore medio dei rimanenti 5 valori di indice di rimbalzo.

Ogni stazione di rilievo geomeccanico dovrà essere corredata da apposita documentazione fotografica.

L'elaborazione dei dati rilevati in sito e riportati sulle schede di rilievo dovrà evidenziare le seguenti caratteristiche dello stato di fratturazione dell'ammasso roccioso investigato:

- Individuazione delle famiglie di discontinuità, anche attraverso l'utilizzo delle rappresentazioni stereografiche, della giacitura media delle stesse e del tipo principale dei piani che ne fanno parte;
- Spaziatura totale, intesa come distanza media, tra due piani di discontinuità lungo la linea di scansione e stima dell'indice RQD (*Rock Quality Designation Index*) come proposto da Deere (1964). Per descrivere qualitativamente la spaziatura delle discontinuità verranno utilizzati i termini di seguito riportati (ISRM, 1978):
 - < 6 cm Fratture molto ravvicinate;
 - 6 ÷ 20 cm Fratture ravvicinate;
 - 20 ÷ 60 cm Fratture moderatamente ravvicinate;
 - 60 ÷ 200 cm Fratture distanziate;
 - > 200 cm Fratture molto distanziate.
- Spaziatura del singolo set di discontinuità, intesa come media delle distanze, misurate in direzione ortogonale tra due piani adiacenti appartenenti alla stessa famiglia;
- Volume Roccioso Unitario (V.R.U.), espresso in metri cubi, ed inteso come volume del blocco tipico di ammasso, stimato sia da evidenze qualitative, come l'osservazione dei detriti eventualmente presenti, sia attraverso valutazioni quantitative utilizzando il valori di spaziatura medi delle singole famiglie di discontinuità individuate;
- Indicazione del J_v , ovvero il numero di discontinuità per metro cubo di ammasso, ricavato secondo le indicazioni dell'ISRM e di Palmstrom (1982, 1985, 1986).

Sulla base dei dati raccolti andrà effettuata una valutazione dei principali schemi classificativi degli ammassi rocciosi fratturati utilizzati in letteratura, fra cui:

- RQD (*Rock Quality Designation Index*) come proposto da Deere (1964);
- Classificazione *Rock Mass Rating* (RMR), proposta da Bieniawsky (1989);
- Classifica NGI o *Rock Quality Index (Q-System)*, proposto da Barton et al. (1974);
- Classifica GSI (*Geological Strength Index*) proposta da Marinos & Hoek (2000).

4.1.3 Documentazione finale

- Relazione generale con indicazione dell'ubicazione dell'area di studio, studi e pubblicazioni precedenti, criteri e metodologia adottata nel rilevamento geostrutturale-geomeccanico, quadro geologico-geomorfologico generale, descrizione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni, documentazione fotografica con visibili le tracce degli stendimenti, riferimenti bibliografici;
- Schede di rilevamento geostrutturale e geomeccanico, corredate da proiezioni stereografiche e dall'indicazione degli indici di qualità geomeccanica degli ammassi (RMR, GSI, ecc.) e dei relativi grafici descrittivi, secondo standard forniti dall'ANAS;
- Planimetria ubicativa delle stazioni di rilievo;
- Carta Geostrutturale in scala adeguata;
- Cartografia tematica a corredo.

4.2 RILIEVI GEOSTRUTTURALI TRAMITE TECNICHE FOTOGRAFICHE

4.2.1 Descrizione

Ottenimento di modelli numerici tridimensionali in forma digitale (DTM) dell'ammasso roccioso accoppiati ad immagini dell'ammasso stesso, per ricavare immagini sulle quali è possibile leggere direttamente le coordinate di ogni punto visibile del pendio e, conseguentemente, calcolarne i parametri geometrici richiesti quali orientazione, spaziatura e persistenza di un cospicuo numero di discontinuità.

E' necessario eseguire una validazione dei risultati, con confronti a campione, con dati acquisiti in tradizionale.

4.2.2 Modalità esecutive

Di seguito una tabella riassuntiva sulle modalità operative volte ad acquisire i dati 3D.

Tabella 2 – Modalità operative per l'acquisizione dei dati 3D.

Fasi	Azioni	Finalità
Operazioni in sito	Presa delle immagini	
	Rilievo di controllo (<i>con punti non visibili di una rete geodetica occorrono almeno quattro punti visibili non allineati ricavabili con GPS o stazione totale</i>)	Georeferenziazione del blocco di immagini
		Controllo della deformazione del blocco di immagini
Operazioni indoor (<i>orientazione del blocco</i>)	Generazione nuvola di punti (<i>tramite algoritmi "image matching"</i>)	
	Messa a punto ed elaborazione della nuvola di punti	Eliminazione degli errori
		Co-registrazione nelle sezioni di sovrapposizione
	Estrazione dei piani e delle tracce (<i>manuale o automatica</i>)	

Quando le immagini necessarie per la realizzazione del DTM sono numerose la sovrapposizione minima deve essere del 50%.

Le operazioni di rilievo da piattaforma fissa dovranno prevedere postazioni di ripresa tali da consentire la riduzione delle zone d'ombra, incrementare la densità del dato e consentire l'identificazione di tutti i sistemi di discontinuità presenti. Ove possibile, si dovranno effettuare rilievi anche da quote diverse dello stesso fronte.

Il numero di postazioni di rilievo dovrà essere funzione dell'estensione dell'area da rilevare, della sua complessità geometrica, della complessità strutturale dell'ammasso (numero di famiglie di discontinuità) e della visibilità. La densità di acquisizione del dato dovrà essere sufficientemente elevata da poter garantire un'adeguata caratterizzazione dei sistemi di discontinuità e delle loro caratteristiche. Salvo diversa indicazione della stazione appaltante si dovranno prevedere una densità della nuvola di punti non inferiore a 2 punti per cm².

Ai fini della successiva esecuzione di una corretta analisi geostrutturale dovranno essere restituiti almeno i seguenti prodotti di base:

- nuvola di punti in colori reali (colorata attraverso le fotografie acquisite dalla fotocamera integrata o calibrata);
- modelli digitali del terreno 3D attraverso l'utilizzo di metodi di interpolazione o approssimazione adeguati siano essi basati su maglie regolari o irregolari (la cui scala dovrà

essere funzione della scala del rilevamento richiesto) con dimensione media del lato della griglia non inferiore a 5 cm;

- curve di livello (la cui scala dovrà essere funzione della scala del rilevamento richiesto);
- prodotti derivati dai modelli digitali del terreno (es. carte delle pendenze e delle esposizioni);
- eventuali ulteriori prodotti (es. ortofoto di precisione).

I dati raccolti devono essere trattati opportunamente tramite analisi probabilistiche che permettano l'individuazione delle famiglie di discontinuità ed i relativi parametri geometrici quantificando i valori medi e le relative dispersioni.

L'esecuzione dell'analisi geostrutturale dovrà prevedere:

- l'identificazione delle principali famiglie di discontinuità;
- il calcolo del valore medio e della deviazione standard dei valori di direzione ed immersione;
- il calcolo dei valori medi di spaziatura per ogni famiglia di discontinuità per tutta l'estensione del fronte di rilievo;
- il calcolo dei valori di persistenza di ogni frattura principale identificata sul fronte;
- il calcolo dei valori di apertura delle discontinuità ove le stesse lo consentano;
- il calcolo della geometria e della dimensione dei blocchi svincolati.

Si dovrà effettuare, inoltre, almeno un sopralluogo sul sito di indagine (da dimostrare all'atto della presentazione dei prodotti finali) da parte del responsabile dell'analisi geostrutturale e l'esecuzione di un numero adeguato di rilievi diretti in parete per la calibrazione e validazione delle analisi. Il numero di rilievi in parete (da definire in accordo con la Stazione Appaltante) non potrà comunque prevedere una interdistanza tra le stazioni maggiore di 30 metri in quota e 100 metri lungo l'estensione longitudinale della parete.

4.2.3 Documentazione finale

- Relazione finale contenente, oltre le specifiche tecniche della commessa:
 - descrizione delle attività di rilievo;
 - indicazione delle strumentazioni utilizzate;
 - descrizione dettagliata delle attività di analisi ed elaborazione dati;
 - strumenti software utilizzati;
 - descrizione dei risultati del rilievo e sue caratteristiche;
 - indicazione degli operatori e dell'interprete;

- indicazione degli strumenti software utilizzati dall'interprete;
- Dati di base (nuvole di punti georiferite in colori reali in formato testo, fotografie, modelli digitali del terreno in scala idonea, elenco coordinate come derivate dal rilievo topografico di supporto, curve di livello con interdistanza adeguata alla scala del rilievo);
- Rappresentazione polare (es. diagramma di Schmidt) di tutte le discontinuità di ammasso misurate;
- Tabelle riepilogative dei valori di giacitura e immersione delle singole famiglie di discontinuità (incluso calcolo della dispersione media) e delle relative spaziature, aperture e persistenze;
- Localizzazione dei blocchi svincolati e restituzione della loro geometria e dimensione.

4.3 RILIEVI GEOSTRUTTURALI TRAMITE TECNICHE LASER-SCANNER

4.3.1 Descrizione

Analisi dello stato di fratturazione dell'ammasso e delle sue caratteristiche geometriche eseguito sulla base di nuvole di punti e modelli digitali del terreno (DTM) acquisiti tramite rilievi con sistemi Laser Scanner da piattaforma terrestre.

I sistemi Laser Scanner si basano su sensori installati su piattaforme fisse o mobili in grado di generare numerosi impulsi elettromagnetici, solitamente in lunghezze d'onda variabili tra il visibile e l'infrarosso, e di ricevere la loro risposta da tutti quegli oggetti presenti nell'area di rilievo al fine di attribuirne le coordinate spaziali.

E' richiesta l'integrazione del rilievo Laser Scanner con sensori fotografici (siano essi integrati o esterni al sensore Laser) tali da consentire l'acquisizione di immagini ottiche ad alta risoluzione.

4.3.2 Modalità esecutive

Le operazioni di rilievo da piattaforma fissa dovranno prevedere postazioni di rilievo multiple tali da consentire la riduzione delle zone d'ombra, incrementare la densità del dato e consentire l'identificazione di tutti i sistemi di discontinuità presenti. Ove possibile, si dovranno effettuare rilievi della stessa area anche da quote diverse.

Il numero di postazioni di rilievo dovrà essere funzione dell'estensione dell'area da rilevare, della sua complessità geometrica, della complessità strutturale dell'ammasso e della visibilità. La densità di acquisizione del dato dovrà essere sufficientemente elevata da poter garantire un'adeguata caratterizzazione dei sistemi di discontinuità e delle loro caratteristiche. Salvo diversa indicazione della stazione appaltante si dovranno prevedere le seguenti caratteristiche:

- esecuzione di almeno tre scansioni da posizioni diverse;

- rilievi da distanze inferiori ai 300 m;
- densità della nuvola di punti non inferiore a 2 punti per cm².

Ai fini della successiva esecuzione di una corretta analisi geostrutturale dovranno essere restituiti almeno i seguenti prodotti di base:

- nuvola di punti in falsi colori (colore indicativo dell'ampiezza dell'eco laser);
- nuvola di punti in colori reali (colorata attraverso le fotografie acquisite dalla fotocamera integrata o calibrata);
- modelli digitali del terreno 3D attraverso l'utilizzo di metodi di interpolazione o approssimazione adeguati siano essi basati su maglie regolari o irregolari (la cui scala dovrà essere funzione della scala del rilevamento richiesto) con dimensione media del lato della griglia non inferiore a 5 cm;
- curve di livello (la cui scala dovrà essere funzione della scala del rilevamento richiesto);
- profili topografici lungo tracce di sezione rappresentative (la cui scala dovrà essere funzione della scala del rilevamento richiesto);
- prodotti derivati dai modelli digitali del terreno (es. carte delle pendenze e delle esposizioni);
- eventuali ulteriori prodotti (es. ortofoto di precisione).

L'esecuzione dell'analisi geostrutturale dovrà prevedere:

- l'identificazione delle principali famiglie di discontinuità;
- il calcolo del valore medio e dell'errore nella definizione dei valori di direzione, immersione ed inclinazione;
- il calcolo dei valori medi di spaziatura per ogni famiglia di discontinuità per tutta l'estensione del fronte di rilievo;
- il calcolo dei valori di persistenza di ogni frattura principale identificata sul fronte;
- il calcolo dei valori di apertura delle discontinuità ove le stesse lo consentano;
- il calcolo del numero di discontinuità per m³;
- il calcolo della geometria e della dimensione dei blocchi svincolati.

Si dovrà effettuare, inoltre, almeno un sopralluogo sul sito di indagine da parte del responsabile dell'analisi geostrutturale e l'esecuzione di un numero adeguato di rilievi diretti in parete per la calibrazione e validazione delle analisi Laser Scanner. Salvo diversa indicazione dell'ANAS, si prevede l'esecuzione di un numero di rilievi in parete aventi interdistanza non superiore a 30 metri in quota e 100 metri lungo l'estensione longitudinale della parete.

4.3.3 Documentazione finale

- Relazione finale contenente, oltre le specifiche tecniche della commessa:
 - descrizione delle attività di rilievo Laser;
 - indicazione delle strumentazioni utilizzate;
 - descrizione dettagliata delle attività di analisi ed elaborazione dati;
 - strumenti software utilizzati;
 - descrizione dei risultati del rilievo laser e sue caratteristiche;
 - indicazione degli operatori e dell'interprete;
 - indicazione degli strumenti software utilizzati dall'interprete;
- Dati di base Laser Scanner (nuvole di punti georiferite in colori reali in formato testo, viste prospettiche delle nuvole di punti in colori reali, fotografie, modelli digitali del terreno in scala idonea, elenco coordinate geografiche, curve di livello con equidistanza adeguata alla scala del rilievo in formato .dwg o .shp);
- Rappresentazione polare (es. diagramma di Schmidt) di tutte le discontinuità di ammasso misurate con indicazione dei sistemi di discontinuità individuati;
- Tabelle riepilogative dei valori di giacitura delle singole famiglie di discontinuità (incluso calcolo della dispersione media) e delle relative spazature, aperture e persistenze;
- Localizzazione dei blocchi svincolati e restituzione della loro geometria e dimensione.

5 RILIEVI FOTOGRAMMETRICI

La fotogrammetria è una tecnica che consente di determinare metricamente forma e posizione di oggetti, partendo da almeno due fotogrammi distinti che riprendono lo stesso oggetto (Coppia Stereoscopica). Essa, dunque, permette di identificare la posizione spaziale di tutti i punti d'interesse dell'oggetto considerato.

L'applicazione di tecniche di telerilevamento basate sulla fotogrammetria dovrà essere finalizzata all'analisi del territorio, sia a scala locale che regionale, con particolare riferimento all'interpretazione dei caratteri geologici e delle forme e dei processi geomorfologici insistenti nell'area di interesse progettuale.

5.1 FOTO-INTERPRETAZIONE AEREA E SATELLITARE

5.1.1 Descrizione

Identificazione e mappatura di frane e riconoscimento di strutture e caratteri geologici particolari. Attraverso l'interpretazione di fotografie aeree stereoscopiche è possibile ottenere informazioni sui caratteri fisiografici, morfologici, litologici e geologici di un territorio.

5.1.2 Modalità esecutive

Consta di tre fasi:

1. Acquisizione di informazioni bibliografiche di tipo cartografico, scientifico e storico e scelta delle fotografie aeree di diverso tipo, scala ed età;
2. Analisi delle informazioni tramite l'interpretazione delle fotografie aeree, annotazione dei dati foto-interpretati su fogli trasparenti sovrapposti alle foto, trasferimento dei dati foto-interpretati, tramite disegno su carta topografica od informatizzazione direttamente a video (head-up digitizing), revisione della foto-interpretazione, mediante rilettura delle foto a scale diverse e mirati sopralluoghi in campagna;
3. Informatizzazione dei dati foto-interpretati in un sistema informativo geografico (GIS) che consente lo stoccaggio dell'informazione, la creazione di una banca dati, la visualizzazione e l'analisi dei dati.

Individuazione e classificazione di:

- Forma (legata all'aspetto della superficie topografica);
- Dimensione (estensione areale);
- Colore, contrasto e tonalità (caratteristiche di suoli, vegetazione e rocce): definizione dello stato di attività delle frane e caratterizzazione delle aree a diverso grado di umidità;
- Tessitura (legata alle condizioni di rugosità del terreno): definizione della tipologia e della granulometria dei depositi di detrito;
- Pattern (distribuzione spaziale degli oggetti): da cui dedurre caratteristiche di resistenza e di fratturazione delle rocce, per identificare la presenza di faglie o di altri lineamenti tettonici;
- Topografia: riflette i caratteri morfologici quali le differenze di quota, le pendenze, le concavità e convessità presenti nell'area di studio;
- Assetto (caratteri litologici, geologici, morfologici, climatici, vegetazionali, ecc., in rapporto all'ambiente circostante).

5.1.3 Documentazione finale

- Relazione finale che dovrà contenere almeno le seguenti informazioni (ubicazione del sito, descrizione della commessa, descrizione delle modalità di analisi fotointerpretativa comprese indicazioni esplicite degli strumenti di analisi utilizzati, descrizione dei risultati, indicazione degli operatori e dell'interprete);
- Dati di base (foto aeree utilizzate, loro provenienza e caratteristiche, date di riferimento delle singole immagini, piano di volo e strisciata relativa);
- Carta tematica riassuntiva, rappresentativa degli elementi acquisiti.

5.2 FOTO-MONITORAGGIO AEREO E SATELLITARE

5.2.1 Descrizione

Analisi dell'evoluzione geomorfologica di porzioni di territorio e misura dei cambiamenti e degli spostamenti superficiali mediante il confronto di immagini aeree e/o satellitari.

Con il termine "Fotomonitoraggio" si intende l'esecuzione di analisi di immagini ottiche e/o multispettrali e/o radar, in grado di fornire informazioni quantitative e qualitative relative all'evoluzione temporale dei processi geomorfologici che insistono su una determinata porzione di territorio.

5.2.2 Modalità esecutive

L'attività di Fotomonitoraggio potrà essere eseguita con immagini acquisite in diverse modalità, ovvero da diverse piattaforme (aeree, incluso il rilievo con sistemi aeromobili a pilotaggio remoto; satellitari) e da diversi sensori (ottici, multispettrali, radar).

Le analisi con metodologia di Fotomonitoraggio dovranno essere eseguite su *dataset* di immagini acquisite dalla stessa tipologia di piattaforma, su una stessa area, in tempi diversi, e dovranno essere condotte mediante specifici algoritmi che consentano di valutare l'eventuale variazione delle caratteristiche radiometriche (*Change Detection*) e/o lo spostamento verificatosi nell'intervallo di tempo coperto dall'acquisizione delle immagini (*Digital Image Correlation*). L'accuratezza delle analisi dovrà essere almeno pari a 1/10 di pixel.

5.2.3 Documentazione finale

Le analisi, condotte da operatori esperti in telerilevamento e nell'analisi e interpretazione dei processi geomorfologici, dovranno produrre i seguenti prodotti di base:

- Mappe multi-temporali dei cambiamenti derivanti dall'analisi dei dati con algoritmi di *Change Detection*;

- Mappe multi-temporali di spostamento derivanti dall'analisi tra immagini con algoritmi di *Digital Image Correlation*, per la rappresentazione dell'intensità e della direzione degli spostamenti;
- Serie temporali di spostamento dei punti di misura individuati (pixel con elevato coefficiente di correlazione);
- Interpretazione dei risultati e descrizione dei fenomeni osservati.

Tali prodotti dovranno essere forniti su supporto cartaceo attraverso una Relazione Tecnica conclusiva che dovrà contenere almeno le seguenti informazioni: ubicazione del sito, descrizione della commessa, indicazione degli operatori e dell'interprete, descrizione delle immagini selezionate e utilizzate (sensore, piattaforma aerea e/o satellitare, provenienza, caratteristiche di risoluzione spaziale e radiometrica, date di acquisizione) e descrizione degli algoritmi specifici utilizzati.

5.3 FOTO-MONITORAGGIO TERRESTRE

5.3.1 Descrizione

Identificazione e misura dei cambiamenti e degli spostamenti superficiali del terreno e delle strutture mediante il confronto di immagini acquisite da piattaforme terrestri.

Con il termine "Fotomonitoraggio" si intende l'esecuzione di analisi di immagini ottiche e/o multispettrali e/o radar, in grado di fornire informazioni quantitative e qualitative relative all'evoluzione temporale dei processi che inducono variazioni del terreno e delle strutture.

5.3.2 Modalità esecutive

L'attività di Fotomonitoraggio dovrà essere eseguita con immagini acquisite da sensori ad alta risoluzione (ad es. fotocamera DSLR - Digital Single-Lens Reflex) opportunamente installati in modo tale da garantire la massima visibilità durante l'intero periodo di operatività. Le immagini dovranno essere acquisite in automatico con una cadenza minima di 10 minuti nelle ore diurne.

Le analisi con metodologia di Fotomonitoraggio dovranno essere eseguite su *dataset* di immagini acquisite dalla stessa tipologia di piattaforma, su una stessa area, in tempi diversi, e dovranno essere condotte mediante specifici algoritmi che consentano di valutare l'eventuale variazione delle caratteristiche radiometriche (*Change Detection*) e/o lo spostamento verificatosi nell'intervallo di tempo coperto dall'acquisizione delle immagini (*Digital Image Correlation*). L'accuratezza delle analisi dovrà essere almeno pari a 1/10 di pixel.

5.3.3 Documentazione finale

Le analisi, condotte da operatori esperti in telerilevamento e nell'analisi e interpretazione dei processi geomorfologici, dovranno produrre i seguenti prodotti di base:

- Mappe multi-temporali dei cambiamenti derivanti dall'analisi dei dati con algoritmi di *Change Detection*;
- Mappe multi-temporali di spostamento derivanti dall'analisi tra immagini con algoritmi di *Digital Image Correlation*, per la rappresentazione dell'intensità e della direzione degli spostamenti;
- Serie temporali di spostamento dei punti di misura individuati (pixel con elevato coefficiente di correlazione);
- Interpretazione dei risultati e descrizione dei fenomeni osservati.

Tali prodotti dovranno essere forniti su supporto cartaceo attraverso una Relazione Tecnica conclusiva che dovrà contenere almeno le seguenti informazioni: ubicazione del sito, descrizione della commessa, indicazione degli operatori e dell'interprete, descrizione delle immagini selezionate e utilizzate (sensore, piattaforma terrestre, provenienza, caratteristiche di risoluzione spaziale e radiometrica, date di acquisizione) e descrizione degli algoritmi specifici utilizzati.

6 RILIEVI INTERFEROMETRICI

L'interferometria è un metodo di analisi che, attraverso il confronto della fase di segnali elettromagnetici emessi nel campo delle microonde e riflessi dagli oggetti presenti a terra, consente di stimare lo spostamento di determinati punti naturalmente presenti nell'area di rilievo, aventi un adeguato valore di back-scatter del segnale radar, o di riflettori artificiali appositamente installati.

Ogni rilievo interferometrico sarà completato con l'approntamento e la gestione di una specifica piattaforma web-GIS di distribuzione dati. Il servizio dovrà consentire esclusivamente la consultazione e visualizzazione di tutte le misure effettuate da parte degli utenti autorizzati dall'ANAS, tramite una piattaforma cloud web-GIS. L'interfaccia di consultazione dovrà essere in lingua italiana.

Le informazioni accessibili dovranno contenere per ogni punto misurato, il grafico delle serie temporali di spostamento ed i valori di velocità, accelerazione e coerenza temporale.

Tramite il portale web-GIS dovranno essere consultabili le seguenti informazioni:

- Posizione geografica (latitudine, longitudine, quota);
- Velocità;
- Accelerazione;

- Grafico di spostamento misurato;
- Retta di regressione lineare semplice degli spostamenti;
- Informazioni circa l'affidabilità delle misure (coerenza temporale);
- Tool dedicato al filtraggio per la visualizzazione delle misure sulla base di soglie di velocità variabili dinamicamente dall'utente;
- Tool dedicato al filtraggio per la visualizzazione delle misure sulla base di soglie di accelerazione variabili dinamicamente dall'utente;
- Interrogazione interattiva di singoli punti di misura e di gruppi per la consultazione delle serie storiche di spostamento.

6.1 INTERFEROMETRIA SAR SATELLITARE

6.1.1 Descrizione

Misura degli spostamenti eseguita utilizzando immagini SAR acquisite da sensori SAR installati su piattaforme satellitare.

L'interferometria SAR satellitare consiste nell'applicazione di tecniche di analisi interferometrica di immagini SAR (Radar ad Apertura Sintetica) acquisite da sensori installati su appositi satelliti disponibili presso le agenzie spaziali o le aziende autorizzate alla loro commercializzazione.

Le analisi interferometriche SAR satellitari per finalità di radar-interpretazione e monitoraggio geomorfologico dovranno essere eseguite utilizzando appositi metodi di analisi del dato basati su dataset di serie temporali di immagini acquisite sulla stessa area e lungo la stessa orbita in tempi diversi (metodi A-DInSAR - Advanced Differential Interferometric SAR) che consentano la stima delle quote e la rimozione del disturbo atmosferico, al fine di una ottimale stima degli spostamenti.

6.1.2 Modalità esecutive

L'analisi interferometrica SAR satellitare per finalità di radar-interpretazione e monitoraggio geomorfologico dovrà prevedere l'esecuzione di un'analisi di fattibilità a scala dell'intera area di rilevamento, da svolgere attraverso l'utilizzo di software commerciali o algoritmi proprietari, finalizzata ad una migliore interpretazione dei dati interferometrici. L'analisi interferometrica dovrà inoltre essere eseguita, in caso di disponibilità di immagini, utilizzando sia la geometria di acquisizione ascendente che quella discendente.

Dovranno essere identificati, anche attraverso appositi sopralluoghi in sito, una selezione di punti di monitoraggio e la loro corrispondenza con punti a terra. Si dovrà inoltre porre particolare attenzione a distinguere tra punti a terra e punti ubicati su strutture.

Salvo diversa indicazione della stazione appaltante, con particolare riferimento alle attività di monitoraggio, la misura degli spostamenti potrà essere attivata solo nel momento in cui saranno disponibili almeno 10 immagini nella stessa geometria orbitale.

Si dovrà inoltre prevedere in tutti i casi una cross-validazione dei risultati ottenuti attraverso una delle seguenti strategie:

- confronto con dati di monitoraggio indipendente su uno o più settori dell'area analizzata;
- analisi contestuali su immagini satellitari acquisite da satelliti diversi. In caso le opzioni sopra riportate non siano applicabili, si dovranno preventivamente concordare le modalità di cross-validazione con la stazione appaltante.

A livello di progetto definitivo ed esecutivo si dovrà inoltre prevedere un'analisi avanzata di dettaglio a scala locale attraverso metodi in grado di rilevare e quantificare eventuali processi deformativi caratterizzati da andamento non lineare nel tempo, qualora questi rientrino nei limiti di osservabilità tramite tecnica interferometrica SAR satellitare.

Ai fini della successiva esecuzione di una corretta radar-interpretazione geomorfologica dovranno essere restituiti almeno i seguenti prodotti di base:

- coordinate accurate di tutti i punti di misura distinti per geometria orbitale (ascendente e discendente);
- stima dell'estensione a terra e loro geometria di tutti i punti di misura;
- valori di coerenza temporale di tutti i punti di misura;
- valori di quota stimati per tutti i punti di misura;
- valori di spostamento complessivo per tutti i punti di misura;
- valori di spostamento medio annuo per tutti i punti di misura;
- serie temporali di spostamenti di tutti i punti di misura.

Vengono riportati di seguito i requisiti minimi richiesti per i singoli prodotti, salvo diversa indicazione dell'ANAS:

- accuratezza nell'ubicazione dei punti di misura e/o dell'area di misura non inferiore a 15 metri;
- valori di coerenza di tutti i punti di misura non inferiore a 0,6.

Il processo di radar-Interpretazione dovrà essere eseguito utilizzando i dati sopra indicati con il supporto di strumenti informatici software validati dall'ANAS, quali sistemi informativi geografici o sistemi di visualizzazione dati con capacità di rendering tridimensionale ed editing grafico. Si dovranno prevedere, inoltre,

almeno due sopralluoghi sul sito di indagine (su specifiche aree campione da concordare con l'ANAS) da dimostrare all'atto della presentazione dei prodotti finali, dei quali uno prima dell'avvio della attività ed uno prima dell'ultimazione del lavoro, da parte dell'addetto alla radar-interpretazione, al fine di facilitarne il processo interpretativo.

Laddove ritenuto necessario, e solo di specifica autorizzazione da parte di ANAS sarà possibile installare, all'interno dell'area investigata dei riflettori artificiali (*corner reflector*), ovvero triedri/tetraedri metallici appositamente ideati per riflettere il segnale radar con elevata intensità e stabilità nel tempo. Si tratta di dispositivi metallici passivi che non necessitano di alcuna alimentazione e che consentono di ottenere accurate misure di spostamento anche in zone caratterizzate da assenza o scarsità di riflettori naturali e antropici. I *corner reflector* dovranno essere realizzati ed installati in modo da garantire la riflessione del segnale radar sia per la geometria orbitale ascendente che discendente.

6.1.3 Documentazione finale

- Relazione finale contenente, oltre le specifiche tecniche della commessa:
 - Ubicazione del sito;
 - descrizione delle attività di analisi interferometrica SAR;
 - indicazione dei software e degli algoritmi di analisi utilizzati;
 - descrizione dei risultati dell'analisi interferometrica;
 - indicazione degli operatori e dell'interprete;
 - indicazione degli strumenti software utilizzati dall'interprete;
 - interpretazione dei risultati ottenuti in relazione al quadro geologico e strutturale dell'area monitorata.
- Dati di base SAR interferometrici;
- Lista delle immagini SAR utilizzate e relative date di acquisizione,
- Database contenente tutti i punti di misura, le loro coordinate in sistema di riferimento basato su WGS84, i valori di coerenza temporale, i valori di spostamento cumulato, le velocità medie annue, le serie temporali di spostamento validate alla luce dell'interpretazione del processo deformativo osservato;
- Monografia di installazione dei *corner reflector* che dovrà contenere:
 - ubicazione del punto di misura;
 - documentazione fotografica;
 - indicazione della commessa;

- indicazione del cliente;
- indicazione dei tecnici che hanno eseguito l'installazione.
- Carta radar dei processi di versanti che dovrà contenere:
 - perimetri delle aree in frana, riclassificate sulla base della radar interpretazione;
 - stato di attività dei processi gravitativi individuati;
 - indicazione dei periodi di attività;
 - valori di affidabilità per ogni singola area di analisi;
 - velocità medie annue di spostamenti;
 - valori di spostamento cumulato.
- Report di monitoraggio periodici contenenti:
 - ubicazione del sito;
 - descrizione della commessa;
 - indicazione del cliente;
 - identificazione e localizzazione dei punti di misura;
 - serie temporali di spostamento dei punti di misura.

6.2 INTERFEROMETRIA SAR TERRESTRE

6.2.1 Descrizione

Misura degli spostamenti eseguita utilizzando immagini SAR acquisite da sensori Interferometrici SAR da piattaforma terrestre.

Il monitoraggio con Interferometria SAR Terrestre dovrà essere eseguito utilizzando adeguati strumenti basati a terra, installati (in modalità permanente o temporanea) in posizione adeguata per la visualizzazione dell'area di interesse, utilizzando metodi di analisi multi-temporale delle immagini SAR acquisite.

6.2.2 Modalità esecutive

Precedentemente all'installazione della strumentazione dovrà essere effettuato un sopralluogo preliminare volto all'identificazione della posizione di installazione più adeguata che dovrà essere definita secondo le seguenti linee guida:

- garantire la miglior panoramica possibile dell'area da monitorare e la massima intervisibilità tra l'area da monitorare e l'apparato di misura;

- garantire, preferibilmente da una singola postazione di rilievo, la maggiore copertura possibile dell'area da monitorare e, a parità di copertura spaziale, garantire la minor distanza dall'area da monitorare;
- essere orientata in modo che la linea di vista strumentale sia quanto più possibile parallela alla direzione attesa (o nota) del movimento sia sul piano verticale che sul piano orizzontale (salvo diversa indicazione della stazione appaltante sono accettate a priori orientazioni massime di 45° rispetto alla direzione prevalente di movimento atteso o noto);
- ove possibile essere posizionato ad una quota topograficamente più bassa rispetto a quella dell'area da monitorare;
- presentare una copertura del segnale wireless UMTS tale da consentire la gestione remota del sistema (laddove non siano possibili altri tipi di connessioni remote);
- presentare una fonte di alimentazione elettrica stabile;
- garantire il minimo impatto ambientale e paesaggistico e la massima sicurezza del sistema nei confronti degli atti vandalici;
- facilità di accesso.

In caso di monitoraggio in continuo con finalità di allertamento dovrà essere prevista un'acquisizione in continuo 24 ore su 24 e 7 giorni su 7 con un intervallo temporale di campionamento delle immagini SAR inferiore a 20 minuti, ed una elaborazione dei dati con una frequenza minima di 2 volte al giorno.

In caso di monitoraggi periodici si dovrà, al contrario, eseguire una prima campagna di acquisizione dati in continuo della durata minima di 48 ore con un intervallo temporale di campionamento delle immagini SAR inferiore a 10 minuti; un riposizionamento della strumentazione con una tolleranza massima di 1 cm rispetto ai posizionamenti precedenti nelle campagne di misura successive alla prima; successive campagne di acquisizione dati in continuo della durata minima di 24 ore con intervallo temporale di campionamento delle immagini SAR inferiore a 10 minuti. L'elaborazione dei dati dovrà essere eseguita con algoritmi di analisi con capacità di processing avanzata (con particolare riferimento al *phase unwrapping* spaziale).

Salvo diversa indicazione della committenza si dovranno utilizzare almeno 2 punti di controllo esterni all'area da rilevare per la correzione del disturbo atmosferico. Tali punti dovranno avere una distanza dal sensore confrontabile con quella dell'area oggetto di monitoraggio (come indicazione generale sono tollerate distanze in range che non si discostino di più del 30% dalla distanza dell'area di indagine).

Il monitoraggio con interferometria SAR terrestre dovrà portare alla restituzione dei seguenti prodotti di base:

- mappe bidimensionali di spostamento cumulato;

- coordinate di tutti i punti di misura ed associazione, ove possibile, ad elementi riconoscibili all'interno dell'area di monitoraggio;
- ubicazione dei punti di controllo esterni all'area di analisi;
- valori di coerenza temporale di tutti i punti di misura;
- valori di ampiezza del segnale retrodiffuso di tutti i punti di misura;
- valori di spostamento complessivo di tutti i punti di misura;
- valori di spostamento medio giornaliero e/o mensile di tutti i punti di misura;
- serie temporali di spostamento di tutti i punti di misura.

Vengono riportati di seguito i requisiti minimi richiesti per i singoli prodotti, salvo diversa indicazione della stazione appaltante:

- accuratezza nell'ubicazione dei punti di misura non inferiore a 10 metri;
- valori di coerenza di tutti i punti di misura non inferiore a 0,3;
- analisi di dettaglio di almeno 10 punti di misura nell'area di analisi.

Il personale responsabile dell'elaborazione ed interpretazione dati dovrà svolgere almeno un sopralluogo in sito ogni 6 mesi di misura (in caso monitoraggi in continuo) e almeno un sopralluogo ogni 4 campagne di misura (in caso di monitoraggi discontinui), nell'area di monitoraggio.

Laddove ritenuto necessario, e solo di specifica autorizzazione da parte di ANAS sarà possibile installare, all'interno dell'area investigata dei riflettori artificiali (*corner reflector*), ovvero triedri/tetraedri metallici appositamente ideati per riflettere il segnale radar con elevata intensità e stabilità nel tempo. Si tratta di dispositivi metallici passivi che non necessitano di alcuna alimentazione e che consentono di ottenere accurate misure di spostamento anche in zone caratterizzate da assenza o scarsità di riflettori naturali e antropici.

6.2.3 Documentazione finale

- Relazione di installazione che dovrà contenere:
 - ubicazione del sito;
 - descrizione della commessa;
 - indicazione del cliente;
 - indicazione dei tecnici che hanno eseguito l'installazione;
 - descrizione della postazione di monitoraggio;
 - descrizione della strumentazione utilizzata;

- descrizione della configurazione di acquisizione;
- descrizione delle procedure di gestione e manutenzione del sistema di misura;
- documentazione fotografica;
- Monografia di installazione dei *corner reflector* che dovrà contenere:
 - ubicazione del punto di misura;
 - documentazione fotografica;
 - indicazione della commessa;
 - indicazione del cliente;
 - indicazione dei tecnici che hanno eseguito l'installazione;
- Relazione finale che dovrà contenere:
 - ubicazione del sito;
 - descrizione della commessa;
 - indicazione del cliente;
 - descrizione delle attività di analisi interferometrica SAR;
 - indicazione esplicita dei software e degli algoritmi di analisi utilizzati;
 - descrizione dei risultati dell'analisi interferometrica;
 - indicazione degli operatori e dell'interprete;
 - interpretazione dei risultati ottenuti in relazione al quadro geologico/geotecnico/strutturale dell'area monitorata;
- Report periodici con la seguente cadenza temporale: a) uno per ogni campagna di misura in caso di monitoraggi periodici; b) almeno ogni 15 giorni in caso di monitoraggio in continuo. I report dovranno contenere:
 - ubicazione del sito;
 - descrizione della commessa;
 - indicazione del cliente;
 - mappe di spostamento cumulato del periodo di riferimento con ubicazione di settori identificabili su foto o altra rappresentazione dello scenario;
 - identificazione e localizzazione dei punti di misura;
 - serie temporali di spostamento dei punti di misura;

- note descrittive a compendio.

7 RILIEVI DIRETTI NEL SOTTOSUOLO

7.1 PROSPEZIONI DI GAS NEL SOTTOSUOLO

7.1.1 Descrizione

Questi studi sono svolti al fine di determinare la presenza e la tipologia di eventuali fluidi gassosi nel territorio di ubicazione di un asse stradale di progetto, comprendente tratti in galleria, che possano interferire, aumentandone tempi e costi di esecuzione e diminuendo la sicurezza di cantiere, con la realizzazione dell'opera.

Lo studio ha come fine la definizione della composizione chimica ed isotopica dei fluidi gassosi presenti nell'area, la definizione su base statistica della loro provenienza e la ricostruzione su base geologico-strutturale di potenziali modalità di risalita di tali fluidi verso la superficie.

7.1.2 Modalità esecutive

L'esecuzione delle prospezioni di gas nel sottosuolo, così come descritte nel precedente paragrafo, dovranno essere eseguite secondo le fasi riportate nella seguente tabella.

Tabella 3 – Fasi di lavoro per le prospezioni di gas nel sottosuolo.

Fasi	Descrizione	
Lavoro di campagna	Rilevamento geologico-strutturale (strutture favorevoli alla migrazione dei gas)	Ricostruzione zona di faglia
		Individuazione caratteristiche di barrier/conduit
		Stima di porosità e permeabilità della faglia
		Monitoraggio superficiale di gas
	Monitoraggio in superficie (in prossimità dei sondaggi o sistemi di faglie) <i>Distanza: 50 m</i> <i>Profondità: 60 cm da p.c.</i> <i>Cadenza: ogni 10 m.</i>	Analisi di gas interstiziale
		Prelievo di campioni
		Misure di flusso
	Inserimento di manometri	

	Monitoraggio in pozzi/sondaggi preesistenti (<i>l'introduzione nel pozzo di un tubo ad intervalli di profondità di 5 m (o 10 m per profondità sopra i 50 m)</i>)	Raccolta di campioni d'acqua per la misura dei gas disciolti
		Misurazione diretta in situ di CH ₄ , CO ₂ , O ₂ , He, H ₂ S, H ₂ .
	Monitoraggio in nuovi pozzi/sondaggi	Cattura dei liquidi alla testa del pozzo
		Passaggio dei liquidi attraverso camera di accumulo
		Separazione acqua - gas
		Campionamento puntuale dall'interno del tappo di gas a determinati intervalli di profondità
	Analisi dei campioni in situ per CH ₄ , CO ₂ , O ₂ , H ₂ S, H ₂ .	
Lavoro di laboratorio	Analisi della composizione dei gas dei campioni	
	Rielaborazione dei valori misurati	
	Misurazione di CH ₄ , etano (C ₂ H ₆), etilene (C ₂ H ₄), propano (C ₃ H ₈), CO ₂ , O ₂ , N ₂ , He, solfuro di carbonio (OCS) e biossido di zolfo (SO ₂)	
	Analisi di isotopi (¹³ C in CH ₄ e CO ₂ , ² H in CH ₄ , ¹⁸ O di CO ₂ , e ³ He/ ⁴ He)	

7.1.3 Documentazione finale

Dovrà essere redatta una Relazione tecnica che dovrà racchiudere tutte le informazioni a disposizione (pregresse ed originali) finalizzate a prevedere la probabilità di presenza di gas nel sottosuolo interessato dal progetto stradale. Essa dovrà esporre almeno gli elementi di seguito elencati:

- Premesse (descrizione del progetto, ubicazione geografica dello stesso, riferimenti normativi, descrizione delle linee guida eventualmente adottate, ecc.);
- Inquadramento geologico (assetto tettonico-strutturale, successione stratigrafica di riferimento, modello geomorfologico ed idrogeologico, cenni sulla sismicità dell'area, ecc.);
- Descrizione delle prospezioni di gas nel suolo derivanti da studi pregressi nella stessa area di intervento;
- Definizione del piano di indagini relative alle prospezioni di gas nel sottosuolo (scelta dei punti di misura, della densità di campionamento, della tipologia di indagini, ecc.);
- Descrizione delle indagini eseguite (sintesi dei dati, così come riportati nel "Rapporto tecnico conclusivo" redatto a corredo delle analisi di sito e di laboratorio);

- Analisi geostatistica dei dati acquisiti (anche con riferimento ai valori attesi in funzione delle “macro-aree gassose”; grafici, tabelle, stralci cartografici della distribuzione delle concentrazioni e dei flussi gassosi più significativi, ecc.);
- Confronto col modello geologico di riferimento (analisi dei risultati ottenuti in rapporto all’assetto geologico-strutturale dell’area, correlazione tra eventuali anomalie “gassose” con elementi geologici, interpretazione genetica delle manifestazioni eventualmente presenti, altro);
- Conclusioni (indicazione della classificazione dei livelli di rischio connessi alla presenza di grisù in galleria o in altre opere in progetto significative lungo il tracciato stradale investigato);
- Riferimenti bibliografici.

Alla suddetta relazione dovranno essere allegati i seguenti documenti:

- Mappe di distribuzione delle concentrazioni e dei flussi dei gas nell’area investigata, in scala adeguata;
- Profili di distribuzione delle concentrazioni e dei flussi dei gas lungo il tracciato stradale, in scala adeguata. Per i tratti in galleria è obbligatorio indicare la classificazione, per tratte omogenee, del rischio di presenza di gas secondo le Note Interregionali NIR n. 28 “Grisù 3° Edizione”;
- Schede di rilevamento geostrutturale, corredate da documentazione fotografica;
- Schede di rilevamento geologico (affioramenti significativi), corredate da documentazione fotografica;
- Planimetria con ubicazione delle indagini eseguite.

PARTE SECONDA – MONITORAGGIO GEOTECNICO E GEOMORFOLOGICO

8 PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI

Nelle presenti Norme Tecniche si riportano le specifiche delle attività e degli strumenti afferenti l'esecuzione di servizi di monitoraggio geotecnico e geomorfologico.

Il monitoraggio geotecnico ha lo scopo di misurare nel tempo le variazioni di determinate grandezze fisiche mediante l'utilizzo di strumenti specifici, al fine di controllare l'evoluzione dello stato deformativo di una struttura, di un'opera o del contesto geologico e geomorfologico.

Tra gli obiettivi principali del monitoraggio vi è la determinazione di:

- tensioni, deformazioni e spostamenti nelle strutture in costruzione;
- tensioni, deformazioni e spostamenti delle strutture e dei manufatti esistenti;
- deformazioni del terreno, sia in superficie che in profondità;
- vibrazioni indotte durante la realizzazione delle opere di progetto;
- quota della falda.

Il monitoraggio ha inoltre lo scopo di verificare la corrispondenza tra le ipotesi progettuali e i comportamenti osservati e di controllare la funzionalità dei manufatti nel tempo.

Il monitoraggio geotecnico e geomorfologico è concepito affinché tutte le misure siano confrontate con la prima misura, detta "misura di zero". È rispetto a tale misura che, per comparazione, verranno valutate tutte le possibili variazioni delle grandezze misurate. È pertanto di fondamentale importanza che le misure di zero vengano effettuate, per quanto possibile, precedentemente all'inizio di qualsiasi fase lavorativa, in condizione quanto più possibile di quiete del sistema.

In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi altra lavorazione per cui sia previsto il monitoraggio geotecnico, lo stesso dovrà essere pensato per essere attuato in fase ante operam, in corso d'opera e in fase post operam.

Il sistema di monitoraggio deve soddisfare i seguenti requisiti:

- completezza delle informazioni da acquisire, al fine di rappresentare qualitativamente e quantitativamente il comportamento tenso-deformativo delle opere e i risentimenti nell'intorno;

- affidabilità delle misure mediante procedure di controllo atte alla limitazione degli errori;
- ridondanza dei dati, prevedendo l'installazione di più strumenti dello stesso tipo o di diverse tipologie di strumenti, per verificare l'affidabilità delle misure;
- elevata precisione dei parametri da misurare;
- tempestività di trasmissione ed elaborazione dei dati, anche attraverso sistemi di automatizzazione e remotizzazione dei dati;
- tempestiva attivazione delle procedure di accertamento dei fenomeni al raggiungimento delle principali soglie di controllo.

In ultimo, il monitoraggio geotecnico consente di attivare tempestivamente tutte le azioni correttive e di sicurezza in caso di raggiungimento di condizioni di criticità.

Il controllo mediante monitoraggio si basa principalmente sulla definizione di soglie aventi lo scopo di segnalare con debito anticipo l'instaurarsi di una situazione deformativa e/o tensionale potenzialmente pericolosa o comunque discorde dalle previsioni progettuali.

Sulla base dei valori raggiunti dai parametri di controllo, in funzione dei valori di soglia definiti, vengono attuate eventuali azioni e contromisure. I valori delle soglie e le procedure da seguire in caso di superamenti, saranno definiti di volta in volta nel progetto di monitoraggio di ciascuna infrastruttura in progetto.

In alcuni casi la posa in opera della strumentazione di monitoraggio è contestuale all'esecuzione di perforazioni quali sondaggi a carotaggio o a distruzione di nucleo.

Per le prescrizioni tecniche e gli oneri generali inerenti i sondaggi geognostici si rimanda allo specifico capitolo del presente Capitolato Speciale d'Appalto.

L'affidatario, per tutte le attività previste, dovrà utilizzare personale tecnico laureato (geologi, geotecnici o geofisici) e specializzato nel campo del monitoraggio geotecnico-topografico per tutta la durata del monitoraggio.

È onere dell'affidatario la fornitura e posa in opera degli strumenti di monitoraggio secondo le specifiche descritte nei relativi capitoli afferenti i vari strumenti e secondo le indicazioni fornite dai diversi produttori.

Fa obbligatoriamente parte dell'installazione dei vari strumenti la misura di zero degli stessi, da effettuarsi secondo le direttive descritte nei rispettivi paragrafi dei vari strumenti. La misura di zero dovrà dimostrare la perfetta esecuzione dell'installazione dello strumento. Se la misura di zero dovesse evidenziare vizi o anomalie relativamente allo strumento o alla sua installazione, sarà obbligo dell'Affidatario eseguire una nuova installazione a suo completo carico.

L'Affidatario dovrà prestare la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, vigilando sulla funzionalità della rete di monitoraggio per tutta la durata prevista.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto. Ogni variazione sulla posizione della strumentazione dovrà essere concordata con ANAS.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire, a suo esclusivo onere e spesa, tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

Nei costi di fornitura e posa in opera è inclusa: la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

A seguito dell'installazione di strumenti a tubo in foro di sondaggio (piezometri, inclinometri, estensimetri, ecc.), successivamente alla cementazione dello strumento, sarà onere e obbligo dell'affidatario procedere allo spurgo dei tubi con acqua pulita.

Le caratteristiche tecnologiche e le modalità di installazione della strumentazione, possono essere migliorate in funzione di quanto disponibile commercialmente e di eventuali accorgimenti operativi indicati nei diversi contratti attuativi del servizio di monitoraggio. In tutti i casi, le variazioni dovranno essere approvate dai referenti Anas e comunque, dovranno garantire la funzionalità e l'efficacia di quanto installato e la significatività delle misure acquisite, nei riguardi dei criteri e delle necessità progettuali.

È inteso che tutta la strumentazione per la quale è prevista la fornitura e posa in opera è e rimane di proprietà ANAS. Gli strumenti funzionanti, al termine delle attività di monitoraggio, dovranno essere restituiti ad ANAS secondo le modalità indicate di volta in volta. A seguito delle attività di disinstallazione, e prima dell'eventuale smaltimento a discarica degli strumenti rotti, l'affidatario dovrà indicare la funzionalità o meno dei vari strumenti. ANAS si riserva di effettuare, per gli opportuni riscontri, la verifica di funzionalità della strumentazione.

L'affidatario che ha in gestione il monitoraggio geotecnico avrà l'onere di segnalare tempestivamente eventuali malfunzionamenti della strumentazione e dovrà provvedere, a proprie spese, alla riparazione di eventuali guasti o danneggiamenti che la strumentazione installata potrebbe subire. È inoltre a carico dell'affidatario la manutenzione ordinaria di tutto il sistema di monitoraggio geotecnico.

È fatto obbligo all'affidatario di creare, nell'intorno del punto di posa, le condizioni di pulizia e ordine che consentano le manovre di installazione senza eventuali intralci.

A seguito delle varie installazioni dovrà inoltre essere messo in pratica, anche mediante adeguata segnaletica, tutto il necessario per garantire la tutela della strumentazione installata.

A seguito dell'installazione di ogni strumento dovrà essere consegnato un report in formato cartaceo e digitale (.pdf, .doc, ecc.) contenente quantomeno:

- Certificato di taratura;
- Certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota, descrizione e sketch della posizione rispetto all'opera, lunghezze, note e problematiche varie;
- Caratteristiche e stratigrafia del terreno al contorno;
- Report della lettura di zero.

L'affidatario dovrà disporre di tutta la strumentazione necessaria ad eseguire le misure della strumentazione di monitoraggio (centraline portatili, sonde, freatimetri, trasduttori, comparatori, stazioni totali, livelli, distometri a nastro, ecc.).

Le misure dei vari strumenti verranno eseguite manualmente (mediante centraline portatili, sonde, freatimetri, trasduttori, comparatori, stazioni totali, livelli, distometri a nastro, ecc.) o in automatico mediante appositi Datalogger.

Prima di eventuali automatizzazioni del sistema di monitoraggio, dovranno essere eseguite una serie di misure manuali (almeno 2) di tutti gli strumenti.

L'affidatario dovrà provvedere ad eseguire periodicamente la taratura e calibrazione dei diversi strumenti di misura (centraline portatili, sonde, freatimetri, trasduttori, comparatori, stazioni totali, livelli, distometri a nastro, ecc.), in particolar modo per le sonde inclinometriche. Taratura e calibrazione dovranno comunque essere fatte obbligatoriamente prima dell'esecuzione delle varie misure di zero.

L'affidatario eseguirà le misure secondo la frequenza indicata di volta in volta nelle disposizioni dei singoli progetti.

In caso di automatizzazione della rete di monitoraggio l'affidatario dovrà provvedere alla costituzione di un Centro Elaborazione Dati (C.E.D.) che sarà gestito da personale laureato e qualificato nel campo del monitoraggio geotecnico. Il gruppo di lavoro del CED sarà composto da vari Responsabili (scientifico, monitoraggio topografico, monitoraggio interferometrico e monitoraggio geotecnico), i quali, ognuno per la propria competenza, dovranno collaborare per rendere le informazioni fruibili ai vari soggetti che partecipano alla realizzazione dell'opera (DEC, DL, Progettista, Impresa, ecc.).

Laddove richiesto, l'affidatario dovrà trasmettere ad ANAS, in qualsiasi momento, tutta la documentazione, inclusi i dati, in formato editabile (.doc, .csv, ecc.).

ANAS si riserva di effettuare tutti i controlli e le verifiche sulla bontà dei dati gestiti dall'affidatario e delle elaborazioni trasmesse. Tale attività di controllo potrà essere esercitata sia da personale tecnico specializzato di ANAS, che da una seconda impresa nominata da ANAS.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura e relativo Sketch, quota, campo di misura, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati delle variazioni misurate nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni misurate e sulle possibili cause.

Il report delle letture (sia per letture manuali che automatizzate) dovrà essere redatto e consegnato entro un tempo massimo di 5 giorni dall'esecuzione delle misure. Allo stesso modo le misure emesse mediante piattaforma web di distribuzione dati (SDD) dovranno essere rese disponibili in "real-time" e dovrà essere consentita la creazione in automatico di specifici report di misura, con dati aggiornati al momento della creazione del report stesso.

Se associato a monitoraggio topografico, sarà obbligatorio effettuare delle battute topografiche della testa degli strumenti (piezometri, inclinometri, estensimetri, ecc.) post installazione e a cadenza periodica (stabilita in concomitanza tra DL e Progettista).

9 ATTIVITÀ A SUPPORTO DEL MONITORAGGIO

Nelle attività a supporto del monitoraggio rientrano quelle voci necessarie a compensare, solo in caso di condizioni specifiche, alcune lavorazioni.

Rientrano in questo ambito:

- Compenso fisso per installazione/approntamento per ogni campagna di installazione o disinstallazione di qualsiasi strumento o sensore;
- Compenso per ogni campagna di misure in sito, successive alla prima;
- Squadra di topografi per monitoraggio topografico;
- Squadra di tecnici per monitoraggio geotecnico/strutturale/geomorfologico.

9.1 COMPENSO FISSO PER INSTALLAZIONE/APPRONTAMENTO PER OGNI CAMPAGNA DI INSTALLAZIONE O DISINSTALLAZIONE DI QUALSIASI STRUMENTO O SENSORE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.0A** “COMPENSO FISSO PER INSTALLAZIONE/APPRONTAMENTO PER OGNI CAMPAGNA DI INSTALLAZIONE O DISINSTALLAZIONE DI QUALSIASI STRUMENTO O SENSORE”

9.1.1 Descrizione

Tale voce serve a compensare i costi legati all'installazione di alcuni strumenti di monitoraggio.

La voce si applica esclusivamente alla fornitura e posa in opera di strumentazione per la quale non sia già riconosciuto un costo di approntamento (quindi soprattutto per i sensori) o che non sia a noleggio.

Tale voce non è pertanto riconosciuta, per esempio, per la fornitura e posa in opera dei seguenti strumenti:

- piezometri a tubo aperto;
- piezometri di Casagrande;
- tubi inclinometrici;
- tubi estensoinclinometrici;
- estensimetri monobase;
- estensimetri multibase;
- estensimetri incrementali;
- estensimetri magnetici;
- assestimetri a fluido multipunto;
- cavi;
- tubi idraulici;
- strumentazione a noleggio.

Nel prezzo è compresa la prima misura post-installazione degli strumenti, da effettuarsi quando sia garantita la perfetta messa in esercizio dello strumento e, in caso di piezometri elettrici o trasduttori di pressione, in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

Il prezzo di cui alla presente voce compensa tutte le spese e gli oneri occorrenti per giungere in prossimità dei punti di installazione (escluso l'impiego di mezzi speciali quali, ad esempio, elicottero o cestello).

Si intendono rientranti nella medesima campagna tutte le installazioni/disinstallazioni ubicate entro una distanza di 10 km in linea d'aria dal primo punto di installazione (inteso come quello situato più vicino alla progressiva di progetto più bassa).

La voce si applica una sola volta per ogni singola campagna di installazioni/disinstallazioni, indifferentemente dal numero di giorni necessari per portarla a compimento.

9.1.2 Documentazione finale

Per la documentazione finale si rimanda a quanto specificato nei relativi paragrafi dei vari strumenti.

9.2 COMPENSO PER OGNI CAMPAGNA DI MISURE IN SITO, SUCCESSIVE ALLA PRIMA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.0B** “COMPENSO PER OGNI CAMPAGNA DI MISURE IN SITO, SUCCESSIVE ALLA PRIMA”

9.2.1 Descrizione

Il prezzo di cui alla presente voce si applica ad ogni campagna di misure effettuate in sito manualmente (mediante: centraline portatili, sonde, freatimetri, trasduttori, comparatori, distometri a nastro, ecc.), quale che sia il tipo di attrezzatura in opera (piezometri, assestimetri, inclinometri, estensimetri, ecc.), il numero dei punti di misura, l'ubicazione e la distribuzione areale degli strumenti, e compensa tutte le spese e gli oneri occorrenti per giungere in prossimità dei vari punti di misura (escluso l'impiego di mezzi speciali quali, ad esempio, elicottero o cestello).

Nella presente voce NON rientrano le misure topografiche manuali che saranno pagate con la relativa voce in elenco (cod. IG.10.0C), né le misure automatiche degli strumenti.

Si intendono rientranti nella medesima campagna tutte le misure effettuate entro una distanza di 10 km in linea d'aria dal primo punto di misura (inteso come quello situato più vicino alla progressiva di progetto più bassa).

La voce si applica una sola volta per ogni singola campagna di misure, indifferentemente dal numero di giorni necessari per portarla a compimento.

Il report delle letture dovrà essere redatto e consegnato entro un tempo massimo di 5 giorni dall'esecuzione delle misure.

9.2.2 Documentazione finale

Per la documentazione finale si rimanda a quanto specificato nei relativi paragrafi dei vari strumenti.

9.3 SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.0C** “SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO”

9.3.1 Descrizione

La presente voce si riferisce all'impiego di una squadra di topografi specializzati in misure nell'ambito del monitoraggio topografico (livellazioni, misure di convergenza, ecc.), automunita e dotata di idonea strumentazione necessaria all'espletamento dell'incarico.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

9.3.2 Modalità esecutive

La squadra di topografi dovrà essere formata da almeno 2 persone adeguatamente preparate.

La squadra dovrà effettuare qualsiasi tipo di attività richiesta, sia in termini di installazione (miniprismi, capisaldi, staffe, ecc.) che di misure (poligonali, livellazioni, misure di convergenza, ecc.).

Per l'espletamento delle varie attività ci si dovrà attenere a quanto riportato nel capitolo "STRUMENTAZIONE PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO" del presente Capitolato Speciale d'Appalto.

Il report delle letture dovrà essere redatto e consegnato entro un tempo massimo di 5 giorni dall'esecuzione delle misure.

9.3.3 Documentazione finale

Per la documentazione finale si rimanda a quanto specificato nei relativi paragrafi dei vari strumenti presenti nel capitolo "STRUMENTAZIONE PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO" del presente Capitolato Speciale d'Appalto.

9.4 SQUADRA DI TECNICI PER MONITORAGGIO GEOTECNICO / STRUTTURALE / GEOMORFOLOGICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.0D** "SQUADRA DI TECNICI PER MONITORAGGIO GEOTECNICO / STRUTTURALE / GEOMORFOLOGICO"

9.4.1 Descrizione

La presente voce si riferisce all'impiego di una squadra di tecnici laureati (geologi, geotecnici o geofisici) e specializzati in installazioni e misure nell'ambito del monitoraggio geotecnico. La squadra dovrà essere automunita e dotata di idonea strumentazione necessaria all'espletamento dell'incarico (ad esempio: centraline portatili, sonde, freatimetri, trasduttori, comparatori, distometri a nastro, ecc.) opportunamente tarata e calibrata.

Tale voce si applica esclusivamente a lavorazioni in cui NON sia già stata considerata la posa in opera/lettura della strumentazione e solo dove specificatamente richiamata.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

9.4.2 Modalità esecutive

La squadra di tecnici dovrà essere formata da almeno 2 persone adeguatamente preparate.

La squadra dovrà effettuare qualsiasi tipo di attività richiesta, sia in termini di installazione che di misure. Per l'espletamento delle varie attività ci si dovrà attenere a quanto riportato nei relativi capitoli dei vari strumenti del presente Capitolato Speciale d'Appalto.

Il report delle letture dovrà essere redatto e consegnato entro un tempo massimo di 5 giorni dall'esecuzione delle misure.

9.4.3 Documentazione finale

Per la documentazione finale si rimanda a quanto specificato nei relativi capitoli dei vari strumenti del presente Capitolato Speciale d'Appalto.

10 PIEZOMETRI

I piezometri sono strumenti che consentono la misura delle pressioni neutre in sito e, congiuntamente, il rilievo della quota piezometrica delle falde acquifere. Mediante le misure piezometriche è quindi possibile individuare e definire gli acquiferi presenti nei terreni attraversati e, mediante successive misure, tenere sotto controllo le oscillazioni della falda.

Il tempo di risposta di un piezometro, cioè l'intervallo di tempo che intercorre fra l'istante in cui avviene una variazione della pressione neutra e l'istante in cui il piezometro la evidenzia, è funzione delle caratteristiche della strumentazione utilizzata e della permeabilità del terreno.

La scelta dei piezometri dovrà essere adeguata alle caratteristiche di permeabilità del terreno.

In ambito di monitoraggio piezometrico, si dovrà prevedere l'installazione dei piezometri in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure ante operam. In tale fase, nella quale il contesto ambientale è di solito generalmente indisturbato, verrà eseguita la misura di zero, con la quale raffrontare poi tutte le misure successive.

Le perforazioni dovranno essere eseguite senza l'utilizzo di fanghi bentonitici, ma adoperando come fluido di circolazione esclusivamente acqua (o, in accordo con ANAS, fanghi a polimeri degradabili).

Nell'esecuzione degli scavi dovranno essere messe in campo tutte le precauzioni atte a tutelare l'ambiente circostante e tutte le eventuali opere antropiche limitrofe (infrastrutture, edifici, sottoservizi, ecc.).

Occorre quindi che l'Affidatario presti la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori ed in particolare nel corso dell'esecuzione delle opere provvisorie.

Prima di iniziare i lavori di sterro, di riporto e di scavo, l'Affidatario è obbligato ad eseguire la picchettazione completa del lavoro.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

10.1 PIEZOMETRO A TUBO APERTO IN PVC

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.001.001 "PIEZOMETRO A TUBO APERTO IN PVC"
- IG.10.001.001.a "per ogni installazione/approntamento"
- IG.10.001.001.b "per ogni ml di tubo installato (sia cieco che fenestrato)"
- IG.10.001.022 "SPURGO PIEZOMETRI"
- IG.10.001.025 "MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO"

La voce di prezzo si riferisce a piezometri a tubo aperto di diametro maggiore o uguale a 1,5". Pertanto anche ai piezometri, ad esempio, di diametro 3", verrà applicato lo stesso prezzo.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, la calza in TNT, il riempimento del foro (tratto filtrante, tamponi impermeabili e cementazione), lo spurgo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Nel prezzo è inoltre inclusa la prima misura in esercizio dello strumento, da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

10.1.1 Descrizione

L'uso dei piezometri a tubo aperto è limitato al campo dei terreni uniformi permeabili o molto permeabili ($k > 10^{-5}$ m/sec).

I piezometri a tubo aperto sono costituiti da tubi di materiale plastico (generalmente PVC rigido) posti in fori trivellati nel terreno, giuntati in forma solidale fino all'ottenimento della lunghezza richiesta. I tubi sono fessurati (per consentire l'ingresso dell'acqua) ed eventualmente rivestiti di tessuto non tessuto per la parte in falda e ciechi nel rimanente tratto.

Il diametro interno dei tubi varia, generalmente, tra 1,5" e 3" e deve essere tale da consentire il passaggio del misuratore di livello (sia esso un freatometro o un trasduttore di pressione elettrico).

Il piezometro con diametro maggiore o uguale di 3" viene usato generalmente per il prelievo di campioni di fluido da sottoporre ad analisi chimico - fisiche di laboratorio.

Nella zona di misura, il tubo deve essere fenestrato (i tagli avranno aperture da 0,4 a 1,0 mm ca.) ed eventualmente protetto con una calza in TNT, circondata da materiale filtrante e, superiormente, isolata

da un tampone impermeabile (generalmente in bentonite) di altezza sufficiente ad evitare l'infiltrazione di acque superficiali.

La misura del livello dell'acqua nel tubo viene eseguita attraverso freatimetri (sensore elettrico con fettuccia centimetrata) oppure con traduttori di pressione elettrici fissi inseriti all'interno della tubazione.

Il tempo di risposta, dato il tipo di strumento e la buona permeabilità del terreno, è relativamente breve.

Caratteristiche tecniche

- | | |
|---|-------------------|
| • lunghezza tubi | 3 m |
| • apertura fessure | da 0.25 a 2 mm |
| • passo fessure | da 4 a 11 mm |
| • diametro efficace dei pori del geotessile | da 0.07 a 0.12 mm |
| • diametro del tubo | ≥ 1,5" |
| • materiale | PVC |
| • filettatura | tipo GAS |

10.1.1 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare l'integrità della strumentazione;
- il foro o il tratto di foro, dove deve essere installato il tubo piezometrico, deve essere perforato ad acqua;
- il foro, in materiali sciolti, deve essere sostenuto da un rivestimento provvisorio;
- il diametro del foro ($\phi \geq 141$ mm) deve essere idoneo a garantire una perfetta installazione del tipo di piezometro previsto.

Le modalità d'installazione sono le seguenti:

- verificare con lo scandaglio la quota del fondo foro;
- lavare accuratamente il foro con acqua pulita immessa dal fondo fino a che non esca acqua limpida e poi riverificare la quota di fondo foro;
- sollevare il rivestimento di circa 70 cm;
- se il piezometro non è previsto a fondo foro ma ad una quota intermedia, prima dell'immissione della sabbia di fondo foro si dovrà riempire il tratto di sondaggio non utile

con una miscela di acqua cemento e bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10 in peso), sigillandola infine con un tappo di bentonite;

- immettere del materiale granulare, come sabbia pulita o ghiaietto ($\varnothing = 1\div 4$ mm), per un'altezza di almeno 50 cm dal fondo;
- inserimento del tubo piezometrico nel foro di sondaggio, aggiungendo progressivamente gli spezzoni di tubo secondo la sequenza tratti finestrati/tratti ciechi prevista e sigillando le giunzioni. Il tratto fenestrato dovrà essere protetto con calza in TNT (tessuto non tessuto) e l'estremità inferiore del tubo sarà chiusa con apposito tappo di fondo;
- immettere del materiale granulare, come sabbia pulita o ghiaietto ($\varnothing = 1\div 4$ mm), attorno al tubo fino a risalire di 1 m dall'estremità superiore del tratto finestrato e ritirando man mano la colonna di rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, controllando che il piezometro non risalga assieme al rivestimento;
- formazione di un tappo impermeabile superiore, di spessore di circa 1 m, costituito da palline di bentonite ($\varnothing = 1\div 2$ cm), opportunamente pestellate e ritirando man mano i rivestimenti (senza l'ausilio della rotazione);
- dopo aver aspettato il tempo necessario alla corretta formazione del tappo impermeabile in bentonite, si effettuerà il riempimento del tratto del foro compreso tra l'estremità superiore del tappo impermeabile e il piano campagna con malta di cemento e bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10 in peso) o altro materiale idoneo;
- sistemazione e protezione del piezometro mediante un pozzetto in cls, PVC o ghisa (a seconda del contesto circostante);
- pulitura del tubo piezometrico mediante spurgo.
- Lettura di zero da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

Se il piezometro è destinato al prelievo di campioni di fluido per analisi chimico-fisiche, si installeranno tubi del diametro interno $\varnothing_{int} \geq 3''$, costituiti in PVC, HDPE (polietilene ad alta densità) o acciaio inossidabile, con rivestimento in granulare siliceo. L'uso di tubi in PVC non rivestito deve in questo caso essere concordato con la Direzione Lavori e chiaramente segnalato nella documentazione della avvenuta installazione.

Le operazioni di prelievo dei campioni d'acqua dovranno essere precedute da quelle di spurgo. Questo potrà essere realizzato tramite pompaggio, con estrazione di un volume superiore di almeno tre volte al volume nominale, comunque fino all'estrazione di acqua chiara, o ad aria compressa.

Nei casi di installazione di piezometri nell'ambito di indagini di tipo ambientale e in tutti i casi in cui sia previsto il prelievo di campioni d'acqua da sottoporre ad analisi chimiche, particolare cura dovrà essere

posta nell'utilizzo dei materiali necessari alla formazione degli strati filtranti e di sigillatura e dell'acqua delle operazioni di lavaggio, al fine di evitare qualsiasi contaminazione dell'acqua di falda.

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di scavo l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

La misura da effettuare consiste nell'individuazione del livello della falda acquifera nel terreno tramite apposita sonda (freatimetro) o trasduttori di pressione fissi.

Utilizzando il freatimetro, le operazioni da effettuare sono le seguenti:

- verificare il corretto funzionamento del freatimetro immergendo il puntale in un qualsiasi recipiente pieno d'acqua pulita;
- introdurre il freatimetro all'interno del tubo piezometrico;
- lasciare scivolare in profondità per gravità il freatimetro all'interno del foro fino ad udire il segnale acustico che indica il raggiungimento, da parte della sonda, della superficie piezometrica;
- constatare che il suono sia continuo, escludendo così la possibilità che si tratti di una falsa misura, quindi sollevare la sonda fino a far cessare il cicalino;
- muovere lentamente su e giù il cavo per tratti millimetrici fino ad intercettare con precisione il punto di innesco del cicalino;
- appoggiare e fermare il cavo al bordo superiore del tubo piezometrico in misura;
- leggere la distanza da bocca tubo rilevata direttamente sul cavo centimetrato collegato alla sonda, quindi trascrivere tale valore sull'apposito modulo.

Utilizzando i trasduttori di livello (costituiti da un corpo in acciaio inossidabile a tenuta stagna contenente il trasduttore di pressione montato su supporto ceramico), si seguirà la seguente procedura:

- stendere il cavo collegato al trasduttore e misurarne l'esatta distanza, pari alla profondità di posa rispetto al p.c.;
- marcare con nastro il punto sul cavo;
- calare il trasduttore entro il tubo in PVC alla profondità prestabilita, reggendolo per il cavo;
- raggiunta la quota, sospendere lo strumento per mezzo di un idoneo sistema di fissaggio da applicare in superficie all'estremità del tubo medesimo;
- leggere sul display della centralina il valore di misura che rappresenterà il battente idraulico al di sopra della quota di posa del sensore e riportare tale valore sugli appositi moduli.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "quota dal p.c.- tempo" nel quale si visualizzano nel tempo le variazioni di profondità subite dalla superficie piezometrica.

10.1.2 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.) e del bocca tubo, note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero.

Report delle successive letture piezometriche (se prevista la prosecuzione delle misure).

10.2 PIEZOMETRO DI CASAGRANDE A DOPPIO TUBO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.001.005 "PIEZOMETRO DI CASAGRANDE A DOPPIO TUBO"
- IG.10.001.005.a "per ogni installazione/approntamento"
- IG.10.001.005.b "per ogni ml di doppio tubo installato con diametro 0,5" + 0,5" "
- IG.10.001.005.c "per ogni ml di doppio tubo installato con diametro 0,5" + 1,5" "
- IG.10.001.022 "SPURGO PIEZOMETRI"
- IG.10.001.025 "MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO"

Il piezometro sarà installato accoppiando due tubi di diametro 0,5" o accoppiandone uno da 0,5" con uno da 1,5" (nel caso sia prevista una futura centralizzazione mediante trasduttore di pressione).

La voce si riferisce a tubi piezometrici in PVC con filettatura di tipo GAS.

Il prezzo al ml è considerato per doppio tubo installato, ossia per coppia di cannette.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, il riempimento del foro (tratto filtrante, tamponi impermeabili e cementazione), lo spurgo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Nel prezzo è inoltre inclusa la prima misura in esercizio dello strumento, da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

10.2.1 Descrizione

Il piezometro di Casagrande è adatto a terreni con permeabilità media o medio bassa ($k > 10^{-9}$ m/sec). Il tempo di risposta delle variazioni piezometriche rilevabili con celle tipo Casagrande, in questi tipi di terreni, è relativamente breve.

I piezometri di Casagrande sono costituiti da un filtro cilindrico di materiale poroso (ceramica, plastica porosa) avente una cavità interna, collegata con una doppia tubazione piezometrica (da 0,5" a 1,5"). L'elemento filtrante (cella) ha lunghezza di circa 20cm e diametro esterno compreso tra 5 e 6.5 cm.

Lo strumento viene calato in fori di sondaggio e la posizione della cella dipenderà dalla profondità alla quale è localizzata la falda. La cella piezometrica deve essere installata al centro di un tratto filtrante di sabbia, opportunamente creato, di spessore minimo di 1m. Al di sopra e, se necessario, al di sotto dello strato filtrante saranno realizzati dei tappi in bentonite di almeno 0,5m necessari ad isolare il tratto filtrante.

La misura del livello dell'acqua nel tubo viene eseguita attraverso freatimetri (sensore elettrico con fettuccia centimetrata) oppure con trasduttori di pressione elettrici.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto. Eventuali variazioni, dovute alla singolarità di alcuni casi, dovranno comunque essere concordate con ANAS.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Caratteristiche tecniche

- Tubi
 - lunghezza tubi 3m
 - diametro interno per letture manuali 0,5"

- diametro interno per letture automatiche 1,5"
- materiale PVC
- filettatura tipo GAS
- Cella di Casagrande
 - cella ceramica porosa o plastica porosa
 - lunghezza \cong 200mm
 - porosità 20 micron
 - diametro esterno 50 - 65mm

10.2.2 Modalità esecutive

Installazione

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- immergere la cella di Casagrande in un contenitore di acqua per consentirne preventivamente la saturazione;
- il foro, dove deve essere installata la cella piezometrica, deve essere perforato ad acqua;
- il foro, in materiali sciolti, deve essere sostenuto da un rivestimento provvisorio;
- il diametro del foro deve essere idoneo a garantire una perfetta installazione del tipo e delle quantità di piezometri previsti;
- in caso d'installazione di due piezometri nello stesso foro, si dovrà procedere prima dell'installazione del secondo piezometro, al riempimento, a meno di 1,5m, del tratto di foro compreso tra i due piezometri (ritirando, quando presenti, man mano i rivestimenti provvisori). Le proporzioni della miscela cemento-bentonite-acqua, da utilizzare per il riempimento, dovrà indicativamente essere costituita da 30 parti di peso cemento, 6 di bentonite e 100 di acqua (altre raccomandazioni indicano rapporti 50-10-100 o 50-5-100). Ad avvenuto inizio della presa, si poserà un tappo impermeabile costituito da palline preconfezionate di bentonite (\varnothing tra 1 e 2 cm) in strati di 20cm alternate a strati di ghiaietto di 2-3cm, per uno spessore complessivo di 1 m e conseguente ulteriore ritiro del rivestimento. Al termine della suddetta operazione si opererà un abbondante lavaggio del foro con acqua pulita.

La cella piezometrica deve essere installata al centro di un tratto filtrante di sabbia, opportunamente creato, di spessore minimo di 1m. Al di sopra e, se necessario, al di sotto dello strato filtrante saranno realizzati dei tappi in bentonite di almeno 0,5m necessari ad isolare il tratto filtrante. L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- creazione di un tappo di fondo in bentonite (se necessario);
- posa di uno strato di sabbia per uno spessore di almeno 0,5 metri;
- discesa a quota della cella di Casagrande (mantenuta fino a quel momento in acqua pulita), assicurandosi che i giunti di collegamento dei relativi tubi garantiscano una perfetta tenuta idraulica;
- posa di sabbia pulita attorno e sopra (almeno 0,5m) la cella di Casagrande, ritirando man mano la colonna di rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti e che in colonna ci sia sempre un po' di sabbia;
- posa del tappo impermeabile superiore costituito da palline preconfezionate di bentonite (1-2 cm) in strati di 20 cm alternate a strati di ghiaietto di 2-3 cm, per lo spessore complessivo di 1m, ritirando man mano i rivestimenti (senza ruotare) e costipando sui livelli di ghiaietto. Il rivestimento viene man mano ritirato con la solita avvertenza;
- Nel caso di vicinanza alla quota di posa del secondo piezometro - ove prescritto - il tappo impermeabile può essere prolungato fino a 0,5 m al di sotto di tale quota; la posa del secondo piezometro avverrà ripetendo le operazioni precedentemente descritte;
- dopo aver aspettato il tempo necessario alla corretta formazione del tappo impermeabile in bentonite, effettuare il riempimento del foro al di sopra del tappo impermeabile superiore fino alla sommità, mediante malta costituita da cemento-bentonite-acqua (con le proporzioni sopra menzionate) e pompata dal basso e a bassa pressione mediante tubo PN (da perforare a ridosso dell'estremità) vincolato alla tubazione piezometrica durante la fase di discesa in foro.
- sistemazione e protezione del piezometro mediante un pozzetto in cls, PVC o ghisa (a seconda del contesto circostante);
- pulitura del tubo piezometrico mediante spurgo.
- Lettura di zero da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di scavo l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così

come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

La misura da effettuare consiste nell'individuazione del livello della falda acquifera nel terreno tramite apposita sonda (freatimetro) o trasduttori di pressione fissi.

Utilizzando il freatimetro, le operazioni da effettuare sono le seguenti:

- verificare il corretto funzionamento del freatimetro immergendo il puntale in un qualsiasi recipiente pieno d'acqua pulita;
- introdurre il freatimetro all'interno del tubo piezometrico;
- lasciare scivolare in profondità per gravità il freatimetro all'interno del foro fino ad udire il segnale acustico che indica il raggiungimento, da parte della sonda, della superficie piezometrica;
- constatare che il suono sia continuo, escludendo così la possibilità che si tratti di una falsa misura, quindi sollevare la sonda fino a far cessare il cicalino;
- muovere lentamente su e giù il cavo per tratti millimetrici fino ad intercettare con precisione il punto di innesco del cicalino;
- appoggiare e fermare il cavo al bordo superiore del tubo piezometrico in misura;
- leggere la distanza da bocca tubo rilevata direttamente sul cavo centimetrato collegato alla sonda, quindi trascrivere tale valore sull'apposito modulo.

Utilizzando i trasduttori di livello (costituiti da un corpo in acciaio inossidabile a tenuta stagna contenente il trasduttore di pressione montato su supporto ceramico), si seguirà la seguente procedura:

- stendere il cavo collegato al trasduttore e misurarne l'esatta distanza, pari alla profondità di posa rispetto al p.c.;
- marcare con nastro il punto sul cavo;
- calare il trasduttore entro il tubo in PVC alla profondità prestabilita, reggendolo per il cavo;
- raggiunta la quota, sospendere lo strumento per mezzo di un idoneo sistema di fissaggio da applicare in superficie all'estremità del tubo medesimo;
- leggere sul display della centralina il valore di misura che rappresenterà il battente idraulico al di sopra della quota di posa del sensore e riportare tale valore sugli appositi moduli.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico “quota dal p.c.- tempo” nel quale si visualizzano nel tempo le variazioni di profondità subite dalla superficie piezometrica.

10.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.) e del bocca tubo, note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero;
- Report delle successive letture piezometriche (se prevista la prosecuzione delle misure).

10.3 PIEZOMETRO ELETTRICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.001.010** “PIEZOMETRO ELETTRICO”
- **IG.10.001.010.a** “per ogni piezometro elettrico piezo-resistivo”
- **IG.10.001.010.b** “per ogni piezometro elettrico a corda vibrante”
- **IG.10.001.025** “MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO”

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste.

Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza.

Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, il riempimento del foro (tratto filtrante, tamponi impermeabili e cementazione) e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (ad es. sacchetto di TNT da riempire con sabbia). Nel prezzo è inoltre inclusa la prima misura in esercizio dello strumento, da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

10.3.1 Descrizione

L'impiego dei piezometri elettrici è adatto a terreni con permeabilità bassa ($k < 10^{-8}$ m/sec). Il tempo di risposta delle variazioni piezometriche rilevabili con piezometri elettrici, in questi tipi di terreni, è relativamente breve.

I piezometri elettrici sono generalmente costituiti da un corpo cilindrico in acciaio inossidabile contenente il sensore di misura, e da un filtro, realizzato in acciaio sinterizzato o ceramica o plastica. Al corpo cilindrico è poi connesso uno specifico cavo elettrico necessario per effettuare le misure mediante apposita centralina.

I piezometri elettrici possono avere un sensore di tipo piezo-resistivo o a corda vibrante. A seconda del tipo di sensore con cui il piezometro elettrico è costituito, si avranno diversi parametri di fondo scala, accuratezza e durabilità dello strumento. In entrambi i casi, comunque, il principio che ne regola il funzionamento è legato essenzialmente al seguente principio: il diaframma contenuto nel corpo cilindrico, vicino al filtro, si inflette per effetto della pressione dell'acqua, e lo spostamento del diaframma è proporzionale alla pressione applicata dall'acqua. Quello che cambia è il sistema di misura della pressione.

Prima dell'installazione vera e propria, lo strumento viene inserito, dopo aver disareato e saturato il filtro, in un apposito sacchetto in TNT riempito di sabbia e tenuto immerso in un contenitore di acqua pulita fino al momento dell'installazione. Lo strumento viene poi calato all'interno del foro di sondaggio e la sua posizione dipenderà dalla profondità alla quale è localizzata la falda.

Il piezometro elettrico, per non essere soggetto a malfunzionamenti, nella fase di esercizio dovrà sempre essere immerso in acqua. Per tale motivo ci si dovrà assicurare che ci sia un adeguato battente d'acqua al di sopra dello strumento, una volta installato (al fine di mettere al riparo lo strumento da possibili oscillazioni della falda).

La misura del livello dell'acqua viene eseguita attraverso apposite centraline di misura.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto. Eventuali variazioni, dovute alla singolarità di alcuni casi, dovranno comunque essere concordate con ANAS.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

L'Affidatario dovrà informare il DEC o DL riguardo al modello che intende utilizzare, specificandone le caratteristiche tecniche.

Le modalità di installazione saranno conformi a quanto indicato dal costruttore per il modello prescelto e comunicata alla DL.

Caratteristiche tecniche minime

fino alla sommità, mediante malta costituita da cemento-bentonite-acqua (con le proporzioni: 30 parti di peso cemento, 6 di bentonite e 100 di acqua) e pompata dal basso e a bassa pressione mediante tubo PN (da perforare a ridosso dell'estremità) calato all'interno del foro;

- sistemazione e protezione del cavo del piezometro mediante un pozzetto in cls, PVC o ghisa (a seconda del contesto circostante);
- lettura di zero da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di scavo l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

La misura deve essere effettuata mediante un'apposita centralina portatile o mediante collegamento del cavo di misura ad un Datalogger fisso.

Il segnale elettrico registrato è proporzionale alla pressione esercitata sul diaframma e, in fase di elaborazione, sarà trasformato nel valore di soggiacenza della falda.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "quota dal p.c.- tempo" nel quale si visualizzano nel tempo le variazioni di profondità subite dalla superficie piezometrica.

10.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.), note e problematiche varie;

- report della lettura di zero;
- report delle successive letture piezometriche (se prevista la prosecuzione delle misure).

10.4 PIEZOMETRO ELETTRICO AD INFISSIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.001.015 "PIEZOMETRO ELETTRICO AD INFISSIONE"
- IG.10.001.015.a "per ogni piezometro elettrico ad infissione piezo-resistivo"
- IG.10.001.015.b "per ogni piezometro elettrico ad infissione a corda vibrante"
- IG.10.001.025 "MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO"

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale pre-assemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste.

Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza.

Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, il riempimento del foro (tamponi impermeabili e cementazione) e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte. Nel prezzo è inoltre inclusa la prima misura in esercizio dello strumento, da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

10.4.1 Descrizione

L'impiego dei piezometri elettrici ad infissione è adatto a terreni soffici con permeabilità bassa ($k < 10^{-8}$ m/sec). Il tempo di risposta delle variazioni piezometriche rilevabili con piezometri elettrici, in questi tipi di terreni, è relativamente breve.

I piezometri elettrici sono generalmente costituiti da un corpo cilindrico in acciaio inossidabile (contenente il sensore di misura) con una punta adatta ad essere spinta in terreni soffici mediante sonde o penetrometri, e da un filtro, realizzato generalmente in ceramica. Il diametro della punta, più grande del corpo dello strumento, previene l'insorgere di eventuali sovrappressioni che potrebbero danneggiare il sensore stesso. Al corpo cilindrico è poi connesso uno specifico cavo elettrico necessario per effettuare le misure mediante apposita centralina.

I piezometri elettrici possono avere un sensore di tipo piezo-resistivo o a corda vibrante. A seconda del tipo di sensore con cui il piezometro elettrico è costituito, si avranno diversi parametri di fondo scala, accuratezza e durabilità dello strumento. In entrambi i casi, comunque, il principio che ne regola il funzionamento è legato essenzialmente al seguente principio: il diaframma contenuto nel corpo cilindrico, vicino

al filtro, si inflette per effetto della pressione dell'acqua, e lo spostamento del diaframma è proporzionale alla pressione applicata dall'acqua. Quello che cambia è il sistema di misura della pressione.

L'infissione all'interno dello strato desiderato può avvenire direttamente dalla superficie del terreno oppure dal fondo di un foro di sondaggio (in caso fosse necessario attraversare strati duri come, ad esempio, sabbia o ghiaia). L'infissione da fondo foro viene utilizzata anche per minimizzare gli effetti di rimaneggiamento del terreno ed evitare l'intasamento del filtro.

La misura del livello dell'acqua viene eseguita attraverso apposite centraline di misura.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto. Eventuali variazioni, dovute alla singolarità di alcuni casi, dovranno comunque essere concordate con ANAS.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

L'Affidatario dovrà informare il DEC o DL riguardo al modello che intende utilizzare, specificandone le caratteristiche tecniche.

Le modalità di installazione saranno conformi a quanto indicato dal costruttore per il modello prescelto e comunicata alla DL.

Caratteristiche tecniche minime

- | | |
|-----------------------|--------------|
| • materiale del corpo | acciaio inox |
| • campo di misura | 0-100 kPa |
| • risoluzione | 0.2% FS |
| • precisione totale | ±0.25% FS |

10.4.2 Modalità esecutive

Installazione

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare l'integrità della strumentazione;
- effettuare una misura pre-installazione in "aria libera" per verificare la funzionalità del piezometro e confrontare il valore con quello riportato sul certificato di taratura dello strumento;
- eseguire il foro di sondaggio (in caso di installazione a fondo foro).

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti diverse fasi, a seconda che l'infissione avvenga da piano campagna o all'interno di un foro di sondaggio. In entrambi i casi sarà opportuno, durante l'infissione, misurare costantemente lo strumento, mediante apposita centralina, per verificare l'insorgenza di sovrappressioni.

1. Per installazioni da piano campagna:
 - spingere il piezometro utilizzando una sonda o un penetrometro, agendo sulle aste di spinta appoggiate alla punta del piezometro;
 - aggiungere man mano delle ulteriori aste di spinta, fin quando non si è raggiunta la quota di posa voluta;
 - una volta terminata l'infissione, estrarre le aste di spinta;
 - sistemazione e protezione del cavo del piezometro mediante un pozzetto in cls, PVC o ghisa (a seconda del contesto circostante);
 - lettura di zero da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.
2. Per installazioni in foro di sondaggio:
 - dopo aver praticato il foro, inserire l'asta sul cavo e sul piezometro, aggiungendo aste fino a quando il piezometro non raggiunge il fondo del foro;
 - arrivati a fondo foro, spingere il piezometro nella parte inferiore utilizzando la sonda stessa o un penetrometro, agendo sulle aste di spinta appoggiate alla punta del piezometro;
 - arrivati alla quota desiderata, estrarre le aste di spinta;
 - creare un tappo di bentonite di circa 1m che vada a riempire la parte finale del foro di sondaggio;
 - dopo aver aspettato il tempo necessario alla corretta formazione del tappo impermeabile in bentonite, effettuare il riempimento del foro al di sopra del tappo impermeabile fino alla sommità, mediante malta costituita da cemento-bentonite-acqua (con le proporzioni: 30 parti di peso cemento, 6 di bentonite e 100 di acqua) e pompata dal basso e a bassa pressione mediante tubo PN (da perforare a ridosso dell'estremità) calato all'interno del foro;
 - sistemazione e protezione del cavo del piezometro mediante un pozzetto in cls, PVC o ghisa (a seconda del contesto circostante);
 - lettura di zero da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di scavo l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario

eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

La misura deve essere effettuata mediante un'apposita centralina portatile o mediante collegamento del cavo di misura ad un Datalogger fisso.

Il segnale elettrico registrato è proporzionale alla pressione esercitata sul diaframma e, in fase di elaborazione, sarà trasformato nel valore di soggiacenza della falda.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "quota dal p.c.- tempo" nel quale si visualizzano nel tempo le variazioni di profondità subite dalla superficie piezometrica.

10.4.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura e certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.), note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero;
- Report delle successive letture piezometriche (se prevista la prosecuzione delle misure).

10.5 TRASDUTTORE DI PRESSIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.001.020 "TRASDUTTORE DI PRESSIONE"
- IG.10.001.020.a "per ogni trasduttore di pressione elettrico piezo-resistivo"
- IG.10.001.020.b "per ogni trasduttore di pressione a corda vibrante"
- IG.10.001.025 "MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO"

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste.

Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza.

Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte. Nel prezzo è inoltre inclusa la prima misura in esercizio dello strumento, da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

10.5.1 Descrizione

Il trasduttore di pressione è concepito per la misura automatica delle pressioni neutre all'interno di tubo piezometrico già installato. L'installazione può essere effettuata sia all'interno di un piezometro a tubo aperto che all'interno di un piezometro di Casagrande (generalmente nella canna da 1,5").

I trasduttori di pressione sono generalmente costituiti da un corpo cilindrico in acciaio inossidabile contenente il sensore di misura, e da un filtro, realizzato in acciaio sinterizzato o ceramica o plastica. Al corpo cilindrico è poi connesso uno specifico cavo elettrico necessario per effettuare le misure mediante apposita centralina.

I trasduttori di pressione possono avere un sensore di tipo piezo-resistivo o a corda vibrante. A seconda del tipo di sensore con cui il piezometro elettrico è costituito, si avranno diversi parametri di fondo scala, accuratezza e durabilità dello strumento. In entrambi i casi, comunque, il principio che ne regola il funzionamento è legato essenzialmente al seguente principio: il diaframma contenuto nel corpo cilindrico, vicino al filtro, si inflette per effetto della pressione dell'acqua, e lo spostamento del diaframma è proporzionale alla pressione applicata dall'acqua. Quello che cambia è il sistema di misura della pressione.

Prima dell'installazione dello strumento, viene disareato e saturato il filtro e il trasduttore viene tenuto immerso in un contenitore di acqua pulita fino al momento dell'installazione. Lo strumento viene poi calato all'interno del tubo piezometrico e la sua posizione dipenderà dalla profondità alla quale è localizzata la falda, assicurandosi di avere un sufficiente battente di acqua al di sopra.

Il trasduttore, per non essere soggetto a malfunzionamenti, nella fase di esercizio dovrà sempre essere immerso in acqua. Per tale motivo ci si dovrà assicurare che ci sia un adeguato battente d'acqua al di sopra dello strumento, una volta installato (al fine di mettere al riparo lo strumento da possibili oscillazioni della falda).

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto. Eventuali variazioni, dovute alla singolarità di alcuni casi, dovranno comunque essere concordate con ANAS.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

L'Affidatario dovrà informare il DEC o DL riguardo al modello che intende utilizzare, specificandone le caratteristiche tecniche.

Le modalità di installazione saranno conformi a quanto indicato dal costruttore per il modello prescelto e comunicata alla DL.

Caratteristiche tecniche minime

- | | |
|-----------------------|--------------|
| • materiale del corpo | acciaio inox |
| • campo di misura | 0-100 kPa |
| • risoluzione | 0.2% FS |
| • precisione totale | ±0.25% FS |

10.5.2 Modalità esecutive

Installazione

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare l'integrità della strumentazione;
- disareare e saturare il filtro;
- lasciare lo strumento immerso in un contenitore di acqua pulita per mantenere la saturazione del filtro;
- effettuare una misura pre-installazione in "aria libera" per verificare la funzionalità del trasduttore e confrontare il valore con quello riportato sul certificato di taratura dello strumento;
- verificare l'accessibilità del piezometro all'interno del quale verrà installato il trasduttore;
- effettuare, mediante freatimetro, una misura preliminare del livello di falda nel piezometro.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- stendere il cavo collegato al trasduttore e misurarne l'esatta distanza, pari alla profondità di posa rispetto al p.c.;
- marcare con nastro il punto sul cavo;
- calare il trasduttore entro il tubo in PVC alla profondità prestabilita, reggendolo per il cavo;

- raggiunta la quota, sospendere lo strumento per mezzo di un idoneo sistema di fissaggio da applicare in superficie all'estremità del tubo medesimo;
- leggere sul display della centralina il valore di misura che rappresenterà il battente idraulico al di sopra della quota di posa del sensore e riportare tale valore sugli appositi moduli (aspettare il tempo necessario al riequilibrio del sistema);
- effettuare contestualmente anche una lettura mediante freatimetro e riportare tale lettura sugli appositi moduli.

Misure

La misura deve essere effettuata mediante un'apposita centralina portatile o mediante collegamento del cavo di misura ad un Datalogger fisso.

Il segnale elettrico registrato è proporzionale alla pressione esercitata sul diaframma e, in fase di elaborazione, sarà trasformato nel valore di soggiacenza della falda.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "quota dal p.c.- tempo" nel quale si visualizzano nel tempo le variazioni di profondità subite dalla superficie piezometrica.

Periodicamente dovrà essere effettuata una misura di riscontro mediante freatimetro, al fine di verificare la corretta funzionalità del trasduttore di pressione.

10.5.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura e certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.), note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero.
- Report delle successive letture piezometriche (se prevista la prosecuzione delle misure).

10.6 MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.001.025 "MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO"

Le specifiche inerenti la misura del livello di falda sono descritte nell'apposita voce "MISURE" presente nei rispettivi paragrafi dei vari piezometri.

La presente voce va computata solo per misure successive alla prima (sia mediante freatimetro che tramite centralina portatile), in quanto la misura di zero dello strumento è intesa come parte integrante dell'installazione dello stesso, e quindi già riconosciuta nel costo di fornitura e posa in opera.

Il prezzo è relativo alla misura di ogni singolo piezometro.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

La misura di zero dovrà essere eseguita quando sia accertato il riequilibrio del sistema a seguito dell'installazione del piezometro.

11 INCLINOMETRI / ESTENSOINCLINOMETRI

L'installazione di un inclinometro permette di rilevare spostamenti orizzontali del terreno (corpo in frana, rilevato, area interessate da scavi) o di strutture (pali o paratie) cioè aree soggette prevalentemente a spinte orizzontali. Permette la verifica dello stato deformativo degli strati di terreno adiacenti ad uno scavo ed è quindi impiegato per l'analisi e la risoluzione di molte problematiche di carattere geotecnico.

Lo stato deformativo dei tubi inclinometrici è rilevato mediante misure condotte con sonde removibili o fisse. Di solito si effettuano misure mediante sonde removibili, anche se è prevista la possibilità, una volta individuate le zone critiche o per necessità di acquisizione automatica in tempo reale, di attrezzare il tubo con sonde inclinometriche fisse (catene inclinometriche), che verranno posizionate, all'interno del tubo inclinometrico, alle quote ritenute critiche. Le postazioni fisse potranno essere così lette periodicamente o mediante acquisizione automatica in modo da sorvegliare costantemente il possibile movimento in atto.

Le principali applicazioni degli inclinometri sono essenzialmente:

- monitoraggio delle deformazioni degli strati di terreno sovrastanti e adiacenti le gallerie durante le fasi di scavo;
- monitoraggio delle deformazioni degli strati di terreno interessati dalla realizzazione di opere civili durante le fasi di scavo;
- controllo della stabilità delle opere di contenimento;
- controllo dei movimenti del terreno in generale.

Si dovrà prevedere l'installazione degli inclinometri in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure ante operam. In tale fase, nella quale le spinte orizzontali possono essere nulle o, comunque limitate, verrà eseguita la misura di zero, dalla quale dipenderanno poi tutte le misure successive.

Nell'installazione degli inclinometri e degli estensoinclinometri ci si dovrà assicurare che il fondo del tubo sia spinto, per una profondità minima di 5m, all'interno di una zona indisturbata ritenuta non soggetta ad eventuali deformazioni o spostamenti.

Nell'esecuzione degli scavi dovranno essere messe in campo tutte le precauzioni atte a tutelare l'ambiente circostante e tutte le eventuali opere antropiche limitrofe (infrastrutture, edifici, sottoservizi, ecc.).

Occorre quindi che l'Affidatario presti la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori ed in particolare nel corso dell'esecuzione delle opere provvisorie.

Prima di iniziare i lavori di sterro, di riporto e di scavo, l'Affidatario è obbligato ad eseguire la picchettazione completa del lavoro.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

11.1 TUBO INCLINOMETRICO IN ABS O ALLUMINIO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.010.001 "TUBO INCLINOMETRICO IN ABS O ALLUMINIO"
- IG.10.010.001.a "per ogni installazione/approntamento"
- IG.10.010.001.b "per ogni ml di tubo inclinometrico in alluminio"
- IG.10.010.001.c "per ogni ml di tubo inclinometrico in ABS"
- IG.10.010.001.d "per ogni ml di tubo inclinometrico in ABS ad innesto rapido"
- IG.10.010.015 "MISURA MANUALE DI TUBO INCLINOMETRICO (sia in alluminio che in ABS)"
- IG.10.010.015.a "per ogni ml con lettura a 2 guide"
- IG.10.010.015.b "per ogni ml con lettura a 4 guide"

La voce di prezzo si riferisce a tubi inclinometrici, sia in ABS che in alluminio, con spessore minimo di 2 mm per tubi in alluminio e di 3,5 mm per quelli in ABS.

Nel prezzo sono inclusi i manicotti, il tappo di fondo e la testa strumento.

Nel prezzo sono inoltre inclusi: la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, la cementazione a bassa pressione, il lavaggio post-installazione dello strumento e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Nel prezzo è inoltre inclusa la prima misura in esercizio dello strumento, da effettuarsi in seguito all'avvenuto indurimento del cemento iniettato nell'intercapedine tra il foro di sondaggio e lo strumento.

È fatto obbligo nel processo di installazione: il lavaggio interno post-installazione del tubo inclinometrico, la verifica su 2 guide mediante sonda testimone, il controllo della torsione mediante misura spiralometrica e la lettura di zero realizzata su 4 guide con passo 0,5 metri, con riportato, tra gli altri, il grafico assoluto della verticalità.

La deviazione dalla verticale dei tubi dovrà essere inferiore all'1,5% e la spirality dovrà essere inferiore a 0,3°/m.

11.1.1 Descrizione

I tubi inclinometrici sono realizzati generalmente in ABS o in alluminio. L'utilizzo dei tubi in alluminio può tuttavia essere problematico in caso di installazione in ambienti "aggressivi" che possono, tra le altre cose, generare fenomeni di corrosione del metallo; in tal caso è quindi preferibile l'utilizzo di tubi in ABS, che hanno la capacità di offrire comunque un buon rapporto tra resistenza e deformabilità.

I tubi inclinometrici presentano al loro interno 4 scanalature chiamate "guide", ortogonali tra loro, all'interno delle quali scorrono le rotelle delle sonde di misura.

I singoli spezzoni inclinometrici, una volta collegati tra loro mediante manicotti, vanno a costituire il tubo inclinometro propriamente detto. L'installazione, come già detto, può avvenire sia nel terreno all'interno di un foro di sondaggio appositamente realizzato, che all'interno delle strutture (come pali, pile e diaframmi) opportunamente predisposte.

Le misure inclinometriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" (a seguito dell'accertata consolidazione della cementazione dello strumento) che determinerà la geometria della verticale inclinometrica con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di spinte orizzontali.

Caratteristiche tecniche

- | | |
|----------------------|-----------------|
| • materiale | ABS o alluminio |
| • diametro esterno | min. 60mm |
| • lunghezza spezzoni | 3m |

- spessore $\geq 3.5\text{mm}$ per ABS e $\geq 2\text{mm}$ per alluminio
- torsione ammissibile $\leq 0,3^\circ/\text{m}$
- deviazione dalla verticale $\leq 1,5\%$
- manicotto di giunzione auto-allineante sui due spezzoni di tubo

11.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- la perforazione dovrà avere diametro sufficiente a consentire agevolmente sia l'inserimento del tubo inclinometrico che il tubicino di iniezione del cemento;
- la perforazione dovrà avere una deviazione dalla verticale $\leq 1,5\%$;
- verificare l'integrità della strumentazione;
- le estremità degli spezzoni e dei manicotti non dovranno avere sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento degli spezzoni e lo scorrimento delle sonde di misura;
- assicurarsi di avere a portata un tubo collegato ad una presa di acqua pulita. Sarà fondamentale infatti, riempire il tubo inclinometrico di acqua pulita man mano che si inseriranno gli spezzoni nel foro, per compensare la sottospinta dell'acqua eventualmente presente nel foro stesso.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- collegare il tappo di fondo al primo spezzone che deve essere calato, spalmando del silicone sulla testa dello spezzone che andrà infilata nel tappo di fondo, rivettando con quattro rivetti ed infine facendo dei giri di nastro a sigillare il tutto;
- collegare due spezzoni tramite l'apposito manicotto. Il collegamento viene eseguito grazie alle 4 guide di tubo e manicotto, che devono coincidere. Sulla testa dello spezzone che viene infilato nel manicotto, deve essere spalmato uno strato di colla o silicone e fatto un giro di nastro vulcanizzante. Fissare i manicotti con quattro rivetti siliconati, ponendo attenzione affinché le due facce dei due spezzoni di tubi siano perfettamente combacianti;
- per i tubi ad innesto rapido le attività appena illustrate non saranno necessarie, ma basterà accoppiare i due spezzoni mediante la guida posta sul manicotto e far scattare il meccanismo di accoppiamento spingendo i due spezzoni tra loro;
- sigillare con nastro adesivo la giunzione dei due segmenti così uniti, al fine d'impedire l'entrata di boiaccia all'interno della colonna inclinometrica;

- collegare energicamente la canna d'iniezione (costituita, per esempio, da materiale in PEAD PN6 - 4DN - 10DN 16-20) allo spezzone di fondo foro mediante nastro adesivo;
- in caso di inclinometri abbastanza profondi (maggiori di 30m) si dovrà predisporre una seconda cannetta di iniezione da posizionare una volta che con l'assemblaggio degli spezzoni si sia raggiunta la metà della perforazione. Lo sfiato della cannetta dovrà essere posizionato ad almeno 50 cm di distanza dal tappo del tubo inclinometrico e la canna stessa dovrà essere incisa nel suo primo tratto tramite taglierino in due - tre punti equidistati tra loro circa 20 cm;
- infilare i primi due spezzoni all'interno del foro e mantenerli sospesi a boccaforo tramite l'apposita "forchetta". Prendere un terzo spezzone e collegarlo agli altri due seguendo le indicazioni appena menzionate e proseguire in questa maniera con gli altri segmenti fino a fondo foro;
- è molto importante calare l'inclinometro nel foro facendo in modo che le guide siano orientate parallelamente e perpendicolarmente alla direzione di massimo spostamento atteso. Dovrà inoltre essere evitata la torsione dello strumento durante la fase di installazione in foro;
- se nel foro c'è presenza d'acqua, anche i tubi verranno riempiti d'acqua pulita, in modo da non forzare durante la discesa della colonna, evitando l'effetto galleggiamento della colonna di tubi. Per favorire il centraggio della colonna nel foro si potranno utilizzare distanziatori in gomma o materiale molto simile;
- al termine del posizionamento si procede alla cementazione a bassa pressione (2 - 3 atm) tramite la cannetta d'iniezione, con miscela cementizia leggermente espansiva (acqua, cemento e bentonite in rapporto di 100-30-5 parti in peso). L'iniezione viene eseguita attraverso la cannetta più profonda sino a circa metà altezza, quindi, per colonne inclinometriche maggiori di 30m, attraverso la cannetta di metà lunghezza, sino all'avenuto spurgo a boccaforo. In questa fase sarà importante che il tubo inclinometrico venga completamente riempito di acqua, atta a contrastare l'eventuale risalita causata dal sottospinta del cemento. Si avrà inoltre cura di creare sull'estremità superiore dell'inclinometro un tappo con del nastro adesivo che impedisca l'ingresso di eventuali impurità;
- si provvederà quindi all'installazione della testa strumento (necessaria all'alloggiamento della carrucola durante le successive misure) e, successivamente, alla sistemazione e protezione dell'inclinometro mediante un pozzetto in cls, PVC o ghisa (a seconda del contesto circostante);
- pulitura del tubo inclinometrico mediante spurgo con acqua pulita;

- indicare, sulla testa del tubo, in modo inequivocabile e permanente, la guida scelta come guida 1 di riferimento;
- prendere, con una bussola, l'azimut tra la guida di riferimento e il nord;
- accertarsi dell'avenuta consolidazione della boiaccia cementizia;
- verifica dell'accessibilità del tubo inclinometrico mediante sonda testimone. La sonda testimone dovrà essere inserita in tutte le guide, portata a fondo foro e fatta risalire fino a boccatubo. Controllare che le guide di uscita della sonda testimone corrispondano a quelle di entrata; in caso contrario ci sarà un difetto di fabbricazione delle guide (o sarà insorta una problematica in fase di installazione) che avrà causato la fuoriuscita della sonda testimone dalle guide;
- a seguito dell'esito positivo mediante sonda testimone effettuare la misura mediante sonda spiralometrica, al fine di determinare il grado di torsione del tubo inclinometrico. Tale fase può anche essere successiva alla lettura di zero dello strumento;
- lettura di zero da effettuarsi quando sia accertata la consolidazione della boiaccia cementizia (aspettare qualche giorno) e, in generale, quando sia verificata l'assenza di eventuali interferenze (es. vibrazioni legate a lavorazioni limitrofe) che possano inficiare la bontà della misura di zero.

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di scavo l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

Le misure inclinometriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" (a seguito dell'accertata consolidazione della cementazione dello strumento) che determinerà la geometria della verticale inclinometrica con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi

tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in *ante operam*, al fine di “fotografare” la situazione in possibile assenza di spinte orizzontali.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di sonde removibili o mediante sonde fisse. Nel caso di utilizzo di sonde fisse dovrà comunque essere effettuato, precedentemente alla loro installazione, un numero adeguato di misure mediante sonda removibile (almeno un paio) in modo tale che, se dovessero esserci problemi con le sonde fisse, si potrà sempre proseguire con le misure manuali.

La sonda deve essere realizzata secondo elevati standard qualitativi e i materiali impiegati devono rispondere a severe specifiche prestazionali rispetto ai diversi fattori d'esercizio che possono alterare nel tempo la sensibilità e precisione della sonda. In particolare, per la sonda biassiale, devono essere garantiti elevati standard qualitativi miranti ad assicurare la massima ortogonalità tra gli assi dei sensori e l'allineamento con il piano carrello.

Inoltre, per assicurare la precisione delle letture inclinometriche, è altrettanto essenziale che la sonda removibile sia sottoposta periodicamente ad un accurato controllo di taratura.

Di seguito si riportano alcune caratteristiche che la sonda removibile dovrà avere:

- tipo di sensore biassiale (servoaccelerometrico e MEMS)
- campi di misura $\pm 30^\circ$
- campo di temperatura $-20 / +70$ °C
- carrello porta sensore sonda a rotelle basculanti in acciaio inox
- interasse rotelle 500 mm
- sensibilità ± 0.05 mm per 500 mm
- precisione $\pm 0.1\%$ f.s.

Utilizzando la sonda mobile le operazioni da effettuare sono le seguenti:

- predisporre la strumentazione collegando la sonda al cavo di misura;
- calare la sonda fino a fondo foro, secondo l'esatta orientazione della stessa, lungo la guida di riferimento;
- aspettare che la sonda si adatti alla temperatura presente nel tubo inclinometrico (almeno 10-15 minuti);
- collegare (se previsto un collegamento diretto) la centralina di misura al cavo di misura;
- sollevare la sonda sino al primo riscontro (nottolino del cavo di misura) utile ed effettuare la prima misura;

- sollevare la sonda di 0,5 m sino al successivo riscontro ed effettuare la misura. Strettamente per le misure successive alla prima, se stabilito dal progettista in accordo con ANAS, il passo di misura potrà variare da 0,5 m a 1 m;
- procedere secondo la fase precedente fino ad arrivare alla sommità del tubo inclinometrico;
- estrarre la sonda, ruotarla di 90° in senso orario e reinserirla, calandola fino a fondo foro, nella guida successiva. Strettamente per le misure successive alla prima, se stabilito dal progettista in accordo con ANAS, la lettura potrà essere effettuata a 2 guide (ogni 180°) anziché a 4 guide (ogni 90°);
- terminate le misure manuali si provvederà a scaricare i dati della centralina su pc e ad effettuarne l'elaborazione.

I dati ottenuti vengono diagrammati in un grafico "inclinazione – tempo", in cui si visualizzano nel tempo le variazioni di inclinazione dei sensori alle varie profondità di installazione.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'inclinometro (nome inclinometro, lunghezza, azimut della guida principale, data della misura di zero, passo di misura, ecc.);
- grafici trasversali, longitudinali, risultanti e polari di: verticalità del tubo (elaborazione assoluta della misura di zero), spostamenti differenziali locali e spostamenti differenziali integrali (o cumulati);
- tabulati degli spostamenti trasversali, longitudinali e risultanti di: spostamenti differenziali locali e spostamenti differenziali integrali (o cumulati);
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

11.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.) e del boccatubo, profondità, azimut della guida principale, note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero;

- Report delle successive letture inclinometriche secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

11.2 INCLINOMETRI FISSI A SONDE/SENSORI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.010.005** "INCLINOMETRI FISSI A SONDE/SENSORI (con tecnologia MEMS o equivalente, 2d o 3d)"
- **IG.10.010.005.a** "per ogni sensore"
- **IG.10.010.005.b** "per ogni Datalogger"
- **IG.10.010.020** "MISURA DI MANUALE DI INCLINOMETRI FISSI A SONDE/SENSORI"

Nel prezzo sono inclusi: la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

11.2.1 Descrizione

Gli inclinometri fissi sono strumenti concepiti per la misura delle deformazioni del terreno e delle strutture e che trovano applicazione nella misura degli spostamenti principalmente orizzontali.

Lo strumento si presenta come una catena di nodi (a distanza variabile a seconda delle esigenze) costituita da una serie di elementi collegati tra loro e inseriti all'interno del tubo inclinometrico precedentemente predisposto. La posizione dei diversi nodi è di solito equidistante, tuttavia è possibile installare i diversi nodi anche ad interdistanze diverse, affinché si trovino concentrati nelle zone di maggiore interesse. Aumentare, tuttavia, l'interdistanza tra le sonde va a discapito della precisione della misura dello spostamento totale, per cui è comunque da preferirsi una posa in opera che preveda i singoli nodi il più vicini possibile tra loro.

Ogni elemento contiene un sensore di tipo servoaccelerometrico, o MEMS, o simile, che è preposto alla misura della deformazione in quello specifico punto. Alcuni prodotti possono essere forniti, oltre che del sensore per la misura degli spostamenti, anche di altri sensori, quali: un sensore di temperatura, una bussola magnetica o un sensore piezometrico.

Non sempre gli inclinometri fissi necessitano di installazione all'interno di tubi inclinometrici classici. Laddove però questo fosse necessario sarà obbligatorio effettuare una serie di misure (almeno due) mediante sonda inclinometrica removibile. Tali misure manuali saranno riprese in caso di malfunzionamento della catena inclinometrica fissa (sempre che ne sia possibile l'estrazione dal tubo).

In caso di monitoraggio di un'opera o di un qualsiasi altro tipo di intervento (es. sbancamento), l'installazione dell'inclinometro, e la conseguente lettura di zero, dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di spinte orizzontali.

In alcuni casi le catene inclinometriche fisse possono essere installate lungo il profilo di pareti rocciose, per monitorarne la deformazione, o all'interno delle gallerie, trasversalmente all'asse della galleria, per effettuare misure di convergenza.

Le specifiche strumentali sono fortemente legate alla tipologia del dispositivo e, più che per altri strumenti, all'azienda che li produce. In alcuni casi si tratta di sonde inclinometriche, simili a quelle removibili, collegate l'una all'altra ed inserite nel tubo inclinometrico nella direzione della guida principale.

Caratteristiche tecniche minime

- tipo di sensore MEMS o Servoaccelerometrico
- specifiche sensore 2D o 3D
- interdistanza tra sensori da 0,5 m a 1 m
- campo di misura $\pm 20^\circ$
- campo di temperatura $-10 / +40$ °C
- sensibilità ± 0.2 mm/m
- precisione $\pm 0.1\%$ f.s.

11.2.2 Modalità esecutive

Sul mercato esistono differenti sistemi inclinometrici fissi. Per lo più sono classificabili in due sottoinsiemi: quelli che possono essere installati all'interno di tubi inclinometrici classici, facendoli scorrere all'interno delle guide principali o quelli che possono essere inseriti in tubi senza scanalature. Le modalità di installazione sono fortemente vincolate alle specificità del prodotto e possono essere molto differenti tra loro.

Prima della posa in opera è necessario, comunque, eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che il tubo inclinometrico in cui la catena fissa sarà alloggiata non presenti ostruzioni di alcun tipo;
- verificare la profondità del tubo inclinometrico;
- verificare l'integrità della strumentazione e che il segnale trasmesso alla centralina di misura sia stabile e congruente con l'inclinazione delle sonde;
- creare, nell'intorno del punto di posa, le condizioni di pulizia e ordine che consentano le manovre di installazione senza eventuali intralci.

Per l'installazione vera e propria si dovrà fare riferimento alle specifiche tecniche evidenziate dal manuale di installazione dei diversi produttori.

Ad avvenuta installazione sarà necessario predisporre apposite misure di protezione dei cavi di segnale e del Datalogger di misura.

I dati ottenuti vengono diagrammati in un grafico “inclinazione – tempo”, in cui si visualizzano nel tempo le variazioni di inclinazione dei sensori alle varie profondità di installazione.

Alcuni prodotti consentono di rilevare anche gli spostamenti lungo la componente verticale. In tal caso sarà possibile anche la restituzione di grafici “spostamento verticale – tempo” e “spostamenti 3D – tempo”.

Misure

Le misure inclinometriche sono di tipo comparativo, quindi la misura detta “misura di zero” determinerà la geometria della verticale inclinometrica con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che, a seguito dell’installazione, venga individuata, tra le prime misure acquisite in automatico, la misura che evidenzia il minor disturbo possibile: tale misura sarà quella “di zero”.

Le misure saranno eseguite mediante centralina portatile (solo in caso di necessità) o mediante un apposito Datalogger dedicato.

Il Datalogger provvederà a scaricare i dati inclinometrici in base alla frequenza di misura impostata e, se provvisto di modulo di trasmissione dati e antenna, a comunicarle ad un CED (Centro Elaborazione Dati) dedicato.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi agli strumenti (nome inclinometro, lunghezza, azimuth della guida principale, data della misura di zero, passo di misura, nome dei singoli nodi inclinometrici, quota di installazione, ecc.);
- grafici trasversali, longitudinali, risultanti e polari di: verticalità del tubo (elaborazione assoluta della misura di zero), spostamenti differenziali locali e spostamenti differenziali integrali (o cumulati);
- tabulati degli spostamenti trasversali, longitudinali e risultanti di: spostamenti differenziali locali e spostamenti differenziali integrali (o cumulati);
- tabulati e grafici degli eventuali ulteriori sensori presenti;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l’evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

11.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura e certificato di conformità;

- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.) e del boccatubo, profondità, azimuth della guida principale, note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero;
- Report delle successive letture inclinometriche secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

11.3 TUBO ESTENSOINCLINOMETRICO IN ABS

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.010.010 "TUBO ESTENSOINCLINOMETRICO IN ABS (di spessore minimo di 3,5mm)"
- IG.10.010.010.a "per ogni installazione/approntamento"
- IG.10.010.010.b "per ogni ml di tubo estensoinclinometrico (incluso il relativo anello magnetico)"
- IG.10.010.025 "MISURA MANUALE DI TUBO ESTENSOINCLINOMETRICO"
- IG.10.010.025.a "per ogni ml con lettura a 2 guide"
- IG.10.010.025.b "per ogni ml con lettura a 4 guide"

La voce di prezzo si riferisce a tubi inclinometrici in ABS con spessore minimo di 3,5 mm.

Nel prezzo sono inclusi gli anelli magnetici, i manicotti, il tappo di fondo e la testa strumento.

Nel prezzo sono inoltre inclusi: la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, la cementazione a bassa pressione, il lavaggio post-installazione dello strumento e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Nel prezzo è inoltre inclusa la prima misura in esercizio dello strumento, da effettuarsi in seguito all'avvenuto indurimento del cemento iniettato nell'intercapedine tra il foro di sondaggio e lo strumento.

È fatto obbligo nel processo di installazione: il lavaggio interno post-installazione del tubo inclinometrico, la verifica su 2 guide mediante sonda testimone, il controllo della torsione mediante misura spiralometrica e la lettura di zero realizzata su 4 guide con passo 0,5 metri, con riportato, tra gli altri, il grafico assoluto della verticalità.

La deviazione dalla verticale dei tubi dovrà essere inferiore all'1,5% e la spirality dovrà essere inferiore a 0,3°/m.

Dovrà essere previsto un anello magnetico per la lettura estensimetrica ogni metro lineare.

11.3.1 Descrizione

I tubi estensoinclinometrici sono pensati, così come i normali inclinometri, per misurare la componente orizzontale delle deformazioni di terreni o strutture. In aggiunta, grazie alla presenza di una serie di anelli magnetici installati lungo la verticale inclinometrica, è possibile misurare anche la componente verticale delle deformazioni.

Gli estensoinclinometri sono realizzati generalmente in ABS, un materiale che ha la capacità di offrire un buon rapporto tra resistenza e deformabilità.

I tubi estensoinclinometrici presentano al loro interno 4 scanalature chiamate "guide", ortogonali tra loro, all'interno delle quali scorrono le rotelle delle sonde di misura.

Le misure estensoinclinometriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" (a seguito dell'accertata consolidazione della cementazione dello strumento) che determinerà la geometria della verticale inclinometrica con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di spinte orizzontali.

Caratteristiche tecniche

- | | |
|------------------------------|--|
| • materiale tubi | ABS |
| • Tipo di anelli magnetici | semplici o a ragno (con alette) |
| • lunghezza spezzoni | 3m |
| • spessore | ≥ 3.5mm per ABS |
| • torsione ammissibile | ≤ 0,3°/m |
| • deviazione dalla verticale | ≤ 1,5% |
| • manicotto di giunzione | auto-allineante sui due spezzoni di tubo |

11.3.2 Modalità esecutive

Le modalità di installazione degli estensoinclinometri sono simili a quelle degli inclinometri classici. Ciò che cambia è che ai vari spezzoni di tubo saranno vincolati gli anelli magnetici (distanziati ad 1m l'uno dall'altro).

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- la perforazione dovrà avere diametro sufficiente a consentire agevolmente sia l'inserimento del tubo estensoinclinometrico che il tubicino di iniezione del cemento;
- la perforazione dovrà avere una deviazione dalla verticale $\leq 1,5\%$;
- verificare l'integrità della strumentazione;
- le estremità dei tubi e dei manicotti non dovranno avere sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi e lo scorrimento delle sonde di misura;
- assicurarsi di avere a portata un tubo collegato ad una presa di acqua pulita. Sarà fondamentale infatti, riempire il tubo inclinometrico di acqua pulita man mano che si inseriranno gli spezzoni nel foro, per compensare la sottospinta dell'acqua eventualmente presente nel foro stesso.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- collegare il tappo di fondo al primo spezzone che deve essere calato, spalmando del silicone sulla testa dello spezzone che andrà infilata nel tappo di fondo, rivettando con quattro rivetti ed infine facendo dei giri di nastro a sigillare il tutto;
- collegare due spezzoni tramite l'apposito manicotto. Il collegamento viene eseguito grazie alle 4 guide di tubo e manicotto, che devono coincidere. Sulla testa dello spezzone che viene infilato nel manicotto deve essere spalmato uno strato di colla o silicone. Fissare i manicotti con quattro rivetti siliconati, ponendo attenzione affinché le due facce dei due spezzoni di tubi siano perfettamente combacianti;
- sigillare con nastro adesivo la giunzione dei due spezzoni così uniti al fine d'impedire l'entrata di boiaccia all'interno della colonna estensoinclinometrica;
- collegare energicamente la canna d'iniezione (costituita, per esempio, da materiale in PEAD PN6 - 4DN - 10DN 16-20) allo spezzone di fondo foro mediante nastro adesivo. In caso di estensoinclinometri abbastanza profondi (maggiori di 30m) si dovrà predisporre una seconda cannetta di iniezione da posizionare una volta che con l'assemblaggio degli spezzoni si sia raggiunta la metà della perforazione. Lo sfiato della cannetta dovrà essere posizionato ad almeno 50 cm di distanza dal tappo del tubo estensoinclinometrico e la canna stessa dovrà essere incisa nel suo primo tratto tramite taglierino in due - tre punti equidistati tra loro circa 20 cm;
- predisporre gli anelli magnetici a ridosso dei vari spezzoni (interdistanza 1 m);
- gli anelli magnetici dovranno essere fissati leggermente sui vari spezzoni (mediante viti poco strette o nastro adesivo non troppo serrato) in modo tale che, una volta portati in posizione

all'interno del foro di sondaggio ed effettuata la cementazione, sia consentito il movimento degli anelli rispetto al tubo e non rispetto al terreno;

- infilare i primi due spezzoni all'interno del foro e mantenerli sospesi a boccaforo tramite l'apposita "forchetta". Prendere un terzo spezzone e collegarlo agli altri due seguendo le indicazioni appena menzionate e proseguire in questa maniera con gli altri segmenti fino a fondo foro. Se non si è provveduto a predisporre precedentemente gli anelli magnetici a ridosso dei singoli spezzoni, lo si farà in questa fase, man mano che il tubo viene calato nel foro;
- è molto importante calare l'estensoinclinometro nel foro facendo in modo che le guide siano orientate parallelamente e perpendicolarmente alla direzione di massimo spostamento atteso. Dovrà inoltre essere evitata la torsione dello strumento durante la fase di installazione in foro;
- se nel foro c'è presenza d'acqua, anche i tubi verranno riempiti d'acqua pulita, in modo da non forzare durante la discesa della colonna, evitando l'effetto galleggiamento della colonna di tubi. Per favorire il centraggio della colonna nel foro si potranno utilizzare distanziatori in gomma o materiale molto simile;
- al termine del posizionamento si procede alla cementazione a bassa pressione (2 – 3 atm) tramite la cannetta d'iniezione, con miscela cementizia leggermente espansiva (acqua, cemento e bentonite in rapporto di 100-30-5 parti in peso). L'iniezione viene eseguita attraverso la cannetta più profonda sino a circa metà altezza, quindi, per colonne estensoinclinometriche maggiori di 30m, attraverso la cannetta di metà lunghezza, sino all'avvenuto spurgo a boccaforo;
- in questa fase sarà importante che il tubo estensoinclinometrico venga completamente riempito di acqua, atta a contrastare l'eventuale risalita causata dal sottospinta del cemento. Si avrà inoltre cura di creare sull'estremità superiore dell'estensoinclinometro un tappo con del nastro adesivo che impedisca l'ingresso di eventuali impurità;
- si provvederà quindi all'installazione della testa strumento (necessaria all'alloggiamento della carrucola durante le successive misure) e, successivamente, alla sistemazione e protezione dell'estensoinclinometro mediante un pozzetto in cls, PVC o ghisa (a seconda del contesto circostante);
- pulitura del tubo mediante spurgo con acqua pulita;
- indicare, sulla testa del tubo, in modo inequivocabile e permanente, la guida scelta come guida 1 di riferimento;
- prendere, con una bussola, l'azimut tra la guida di riferimento e il nord;

- accertarsi dell'avvenuta consolidazione della boiaccia cementizia (aspettare qualche giorno);
- verifica dell'accessibilità del tubo mediante sonda testimone. La sonda testimone dovrà essere inserita in tutte le guide, portata a fondo foro e fatta risalire fino a boccatubo. Controllare che le guide di uscita della sonda testimone corrispondano a quelle di entrata; in caso contrario ci sarà un difetto di fabbricazione delle guide (o sarà insorta una problematica in fase di installazione) che avrà causato la fuoriuscita della sonda testimone dalle guide;
- a seguito dell'esito positivo mediante sonda testimone effettuare la misura mediante sonda spiralometrica, al fine di determinare il grado di torsione del tubo estensoinclinometrico. Tale fase può anche essere successiva alla lettura di zero dello strumento;
- lettura di zero da effettuarsi quando sia accertata la consolidazione della boiaccia cementizia (aspettare qualche giorno) e, in generale, quando sia verificata l'assenza di eventuali interferenze (es. vibrazioni legate a lavorazioni limitrofe) che possano inficiare la bontà della misura di zero.

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di scavo l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

Le misure estensoinclinometriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" (a seguito dell'accertata consolidazione della cementazione dello strumento) che determinerà la geometria della verticale inclinometrica con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di spinte orizzontali.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di sonde estensoinclinometriche removibili o mediante sonde fisse. Nel caso di utilizzo di sonde fisse dovrà comunque essere effettuato, precedentemente alla loro installazione, un numero adeguato di misure mediante sonda removibile (almeno un paio) in modo

tale che, se dovessero esserci problemi con le sonde fisse, si potrà sempre proseguire con le misure manuali.

La sonda deve essere realizzata secondo elevati standard qualitativi e i materiali impiegati devono rispondere a severe specifiche prestazionali rispetto ai diversi fattori d'esercizio che possono alterare nel tempo la sensibilità e precisione della sonda. In particolare, per la sonda biassiale, devono essere garantiti elevati standard qualitativi miranti ad assicurare la massima ortogonalità tra gli assi dei sensori e l'allineamento con il piano carrello.

Inoltre, per assicurare la precisione delle letture inclinometriche, è altrettanto essenziale che la sonda removibile sia sottoposta periodicamente ad un accurato controllo di taratura.

Di seguito si riportano alcune caratteristiche che la sonda removibile dovrà avere:

- tipo di sensore biassiale (servoaccelerometrico e MEMS)
- campi di misura $\pm 30^\circ$
- campo di temperatura $-20 +70 \text{ }^\circ\text{C}$
- carrello porta sensore sonda a rotelle basculanti in acciaio inox
- interasse rotelle 500 mm
- sensibilità $\pm 0.05 \text{ mm per } 500 \text{ mm}$
- precisione $\pm 0.1\% \text{ f.s.}$
- risoluzione estensimetro 0.01 mm

Utilizzando la sonda mobile le operazioni da effettuare sono le seguenti:

- predisporre la strumentazione collegando la sonda al cavo di misura;
- calare la sonda fino a fondo foro, secondo l'esatta orientazione della stessa, lungo la guida di riferimento;
- aspettare che la sonda si adatti alla temperatura presente nel tubo inclinometrico (almeno 10-15 minuti);
- collegare, se previsto un collegamento diretto, la centralina di misura al cavo di misura;
- sollevare la sonda sino al primo riscontro (nottolino del cavo di misura) utile ed effettuare la prima misura;
- sollevare la sonda di 0,5 m sino al successivo riscontro ed effettuare la misura. Strettamente per le misure successive alla prima, se stabilito dal progettista in accordo con ANAS, il passo di misura potrà variare da 0,5 m a 1 m;
- procedere secondo la fase precedente fino ad arrivare alla sommità del tubo inclinometrico;

- estrarre la sonda, ruotarla di 90° in senso orario e reinserirla, calandola fino a fondo foro, nella guida successiva. Strettamente per le misure successive alla prima, se stabilito dal progettista in accordo con ANAS, la lettura potrà essere effettuata a 2 guide (ogni 180°) anziché a 4 guide (ogni 90°);
- terminate le misure manuali si provvederà a scaricare i dati della centralina su pc e ad effettuarne l'elaborazione.

I dati ottenuti vengono diagrammati in grafici "inclinazione – tempo" e "spostamenti verticali – tempo". È inoltre possibile (avendo la misura delle deformazioni lungo le tre componenti X-Y-Z, ottenere un grafico degli spostamenti 3D nel tempo.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'estensoinclinometro (nome estensoinclinometro, lunghezza, azimuth della guida principale, data della misura di zero, passo di misura, interdistanza tra gli anelli magnetici, ecc.);
- grafici degli spostamenti lungo la verticale e grafici trasversali, longitudinali, risultanti e polari di: verticalità del tubo (elaborazione assoluta della misura di zero), spostamenti differenziali locali e spostamenti differenziali integrali (o cumulati);
- tabulati degli spostamenti lungo la verticale e degli spostamenti trasversali, longitudinali e risultanti di: spostamenti differenziali locali e spostamenti differenziali integrali (o cumulati);
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

11.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.) e del boccatubo, profondità, azimuth della guida principale, interdistanza e quota degli anelli magnetici, note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero;
- Report delle successive letture estensoinclinometriche secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

11.4 MISURA MANUALE DI TUBO INCLINOMETRICO (SIA IN ALLUMINIO CHE IN ABS)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.010.015** "MISURA MANUALE DI TUBO INCLINOMETRICO (sia in alluminio che in ABS)"
- **IG.10.010.015.a** "per ogni ml con lettura a 2 guide"
- **IG.10.010.015.b** "per ogni ml con lettura a 4 guide"

Le specifiche inerenti la misura manuale dei tubi inclinometrici sono descritte nell'apposita voce "misure" presente nel capitolo "TUBO INCLINOMETRICO IN ABS O ALLUMINIO" e alla quale si rimanda.

La presente voce va computata solo per misure successive alla prima, in quanto la misura di zero dello strumento è intesa come parte integrante dell'installazione dello stesso, e quindi già riconosciuta nel costo di fornitura e posa in opera.

Le misure saranno effettuate con un passo di 0,5 m e su un numero di guide (2 o 4) secondo quanto stabilito dal progettista, in accordo con ANAS.

Il passo di misura potrà essere aumentato ad 1 m a seconda dei casi stabiliti di volta in volta.

La misura di zero sarà obbligatoriamente effettuata su 4 guide e con passo di misura di 0,5 m.

Il prezzo è relativo ad ogni metro lineare di tubo inclinometrico letto.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

La misura di zero dovrà essere eseguita quando sia accertata la perfetta cementazione del tubo inclinometrico.

11.5 MISURA MANUALE DI INCLINOMETRI FISSI A SONDE/SENSORI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.010.020** "MISURA DI MANUALE DI INCLINOMETRI FISSI A SONDE/SENSORI"

Le specifiche inerenti la misura manuale dei tubi inclinometrici sono descritte nell'apposita voce "misure" presente nel capitolo "INCLINOMETRI FISSI A SONDE/SENSORI (con tecnologia MEMS o equivalente, 2D o 3d)" e alla quale si rimanda.

La presente voce va computata solo per misure successive alla prima, in quanto la misura di zero dello strumento è intesa come parte integrante dell'installazione dello stesso, e quindi già riconosciuta nel costo di fornitura e posa in opera.

Il prezzo è relativo alla misura di ogni singola sonda fissa o sensore.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

11.6 MISURA MANUALE DI TUBO ESTENSOINCLINOMETRICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.010.025** "MISURA MANUALE DI TUBO ESTENSOINCLINOMETRICO"
- **IG.10.010.025.a** "per ogni ml con lettura a 2 guide"
- **IG.10.010.025.b** "per ogni ml con lettura a 4 guide"

Le specifiche inerenti la misura manuale dei tubi inclinometrici sono descritte nell'apposita voce "misure" presente nel capitolo "TUBO ESTENSOINCLINOMETRICO IN ABS (di spessore minimo di 3,5mm)" e alla quale si rimanda.

La presente voce va computata solo per misure successive alla prima, in quanto la misura di zero dello strumento è intesa come parte integrante dell'installazione dello stesso, e quindi già riconosciuta nel costo di fornitura e posa in opera.

Le misure saranno effettuate con un passo di 0,5 m e su un numero di guide (2 o 4) secondo quanto stabilito dal progettista, in accordo con ANAS.

Il passo di misura potrà essere aumentato ad 1 m a seconda dei casi stabiliti di volta in volta.

La misura di zero sarà obbligatoriamente effettuata su 4 guide e con passo di misura di 0,5 m.

Il prezzo è relativo ad ogni metro lineare di tubo estensoinclinometrico letto.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

La misura di zero dovrà essere eseguita quando sia accertata la perfetta cementazione del tubo estensoinclinometrico.

12 ESTENSIMETRI / ASSESTIMETRI

Gli estensimetri consentono di misurare lo spostamento tra due diversi punti e, in tal modo, consentono di monitorare le deformazioni all'interno di terreni o strutture.

Per la misura di spostamenti lungo l'asse verticale (in genere cedimenti) si parlerà di "assestimetri".

Gli estensimetri permettono di rilevare spostamenti, per lo più verticali, in contesti come: rilevati, gallerie, aree interessate da scavi, dighe, aree soggette ad iniezioni cementizie, ecc., e sono quindi impiegati per l'analisi e la risoluzione di molte problematiche di carattere geotecnico.

Le misure possono essere effettuate sia in manuale mediante calibri digitali, battute topografiche o centraline portatili, oppure in automatico mediante trasduttori di pressione e Datalogger.

Si dovrà prevedere l'installazione degli estensimetri in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure *ante operam*. In tale fase, nella quale le deformazioni possono essere nulle o, comunque limitate, verrà eseguita la misura di zero, dalla quale dipenderanno poi tutte le misure successive.

Nell'esecuzione delle perforazioni dovranno essere messe in campo tutte le precauzioni atte a tutelare l'ambiente circostante e tutte le eventuali opere antropiche limitrofe (infrastrutture, edifici, sottoservizi, ecc.).

Occorre quindi che l'Affidatario presti la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori ed in particolare nel corso dell'esecuzione delle opere provvisoriale.

Prima di iniziare i lavori di sterro, di riporto e di scavo, l'Affidatario è obbligato ad eseguire la picchettazione completa del lavoro.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

12.1 ESTENSIMETRO MULTIBASE CON ASTE IN FIBRA DI VETRO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.020.001 "ESTENSIMETRO MULTIBASE CON ASTE IN FIBRA DI VETRO"
- IG.10.020.001.a "per ogni installazione/approntamento"
- IG.10.020.001.b "per ogni testa strumento"
- IG.10.020.001.c "per ogni ml di una singola asta"
- IG.10.020.025 "TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO"
- IG.10.020.030.a "MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO - multibase e monobase a punto fisso o a piastra"
- IG.10.020.035 "MISURA DI TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO O ASSESTIMETRO A FLUIDO"

Il diametro delle aste in fibra di vetro dovrà essere di almeno 7 mm.

Il prezzo si intende a metro lineare per singola asta, pertanto il prezzo definitivo sarà dato dalla somma dei metri lineari di tutte le aste presenti.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, la cementazione, il riempimento del foro e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Lo strumento si intende preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste.

12.1.1 Descrizione

Gli estensimetri multibase vengono utilizzati per controllare i movimenti in profondità di una serie di punti di misura che vengono cementati a quote fisse entro una perforazione. Si può determinare il profilo deformativo in profondità lungo l'asse del foro, rilevando la loro posizione rispetto ad un riferimento di superficie.

I punti di misura ancorati nella perforazione mediante barre d'acciaio ad aderenza migliorata, sono collegati alla superficie con aste in fibra di vetro (o altri materiali) protette da una guaina di nylon per minimizzare gli effetti dell'attrito laterale. La cementazione dei punti di misura e delle guaine nel foro, avviene mediante iniezioni attraverso un apposito tubo. In caso di spostamenti (trazione o compressione) le aste in fibra di vetro, vincolate alle barre in acciaio, si muoveranno all'interno della guaina e, tali movimenti relativi tra il punto di ancoraggio e la testa dell'asta di misura, verranno misurati attraverso un calibro digitale o dei trasduttori di spostamento elettrici.

L'estensimetro multibase è generalmente composto da:

- una testa di misura a cui sono fissate le basi di misura;
- una o più basi di misura disponibili in vari materiali (fibra di vetro, acciaio, ecc.). Le basi sono protette dal contatto con la cementazione da una guaina in materiale plastico;
- ancoraggi di fondo, uno per ogni base di misura, da cementarsi al terreno;
- tubi di iniezione.

Caratteristiche tecniche:

- | | |
|-----------------------|--|
| • materiale aste | fibra di vetro |
| • materiale ancoraggi | acciaio zincato ad aderenza migliorata |
| • diametro aste | ≥ 7 mm |

12.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- La perforazione dovrà avere diametro sufficiente a consentire agevolmente l'inserimento dello strumento;
- verificare che siano predisposti, a ridosso dell'estensimetro, i tubi di iniezione del cemento. In caso contrario ancorare, mediante nastro adesivo, dei tubi per il getto della malta cementizia (costituiti, per esempio, da materiale in PEAD PN6 - 4DN - 10DN 16-20) in prossimità della barra di fondo foro. Lo sfiato della cannetta dovrà essere posizionato ad almeno 1m di distanza dalla barra di fondo e la canna stessa dovrà essere incisa nel suo primo tratto tramite taglierino in due - tre punti equidistati tra loro circa 20 cm. In caso di estensimetri abbastanza profondi (maggiori di 30m) si dovrà predisporre una seconda cannetta di iniezione di lunghezza pari alla metà della perforazione;
- verificare l'integrità della strumentazione;
- numerare con cura i tappini protettivi posti sulle sommità delle diverse aste e numerare anche le sommità stesse delle diverse aste.

Tenendo presente che lo strumento arriverà preassemblato dalla fabbrica secondo le lunghezze richieste, l'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- preparare lo strumento in prossimità del sito di installazione distendendolo a terra e montando eventuali centratori;
- unire tra loro le sommità delle varie aste di misura con del nastro a formare un corpo unico;
- inserire lo strumento in foro;
- una volta calato lo strumento nel foro sostenere la testa all'altezza desiderata. In vista dell'eventuale necessità di automatizzare l'estensimetro mediante trasduttori di pressione, si dovrà avere l'accortezza di posizionare la testa dello strumento di circa 50cm al di sotto del p.c.;
- procedere alla cementazione a bassa pressione (2 - 3 atm) tramite la cannetta d'iniezione, con miscela cementizia leggermente espansiva (acqua, cemento e bentonite in rapporto di 100-30-5 parti in peso). L'iniezione viene eseguita attraverso la cannetta più profonda sino a circa metà altezza, quindi, per estensimetri maggiori di 30m, attraverso la cannetta di metà lunghezza, sino a circa 1m da p.c.;
- una volta che il cemento ha fatto presa liberare le sommità delle aste di misura precedentemente unite col nastro adesivo;
- montare la testa dello strumento, avvitando ad essa le sommità delle singole aste e rispettandone accuratamente la numerazione, ed applicare un coperchio di protezione della testa;

- rabboccare l'ultimo metro di foro precedentemente lasciato non cementato, così da vincolare la testa dello strumento;
- installare un pozzetto protettivo;
- lettura di zero mediante calibro digitale da effettuarsi quando sia accertata la consolidazione della boiaccia cementizia (aspettare qualche giorno).

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di perforazione l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

Le misure estensimetriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" (a seguito dell'accertata consolidazione della cementazione dello strumento) con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di deformazioni.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di calibri digitali o trasduttori di spostamento. Nel caso di utilizzo di trasduttori di spostamento dovrà comunque essere effettuato, precedentemente alla loro installazione, un numero adeguato di misure mediante calibro digitale (almeno un paio) in modo tale che, se dovessero esserci problemi con i trasduttori, si potrà sempre proseguire con le misure manuali.

Utilizzando il calibro digitale (per l'utilizzo dei trasduttori di spostamento si rimanda all'apposito capitolo) le operazioni da effettuare sono le seguenti:

- svitare il tappino della base di misura 1;
- inserire il calibro digitale e portarlo in battuta;
- leggere la misura ed appuntarla su un apposito modulo (eseguire almeno 3 misure ed appuntare il valore medio);

- ripetere la stessa operazione per tutte le altre basi di misura.

I dati ottenuti vengono diagrammati in un grafico “spostamento – tempo”, in cui si visualizzano nel tempo i movimenti avvenuti alle varie profondità di installazione delle basi.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'estensimetro (nome, lunghezza delle varie aste, quota d'installazione delle basi e della testa, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo delle varie basi di misura;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

12.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta della testa strumento e delle varie basi, lunghezza delle aste, note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero;
- Report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

12.2 ESTENSIMETRO MONOBASE IN ACCIAIO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.020.005 “ESTENSIMETRO MONOBASE IN ACCIAIO”
- IG.10.020.005.1 “per ogni installazione/approntamento”
- IG.10.020.005.2 “A PUNTO FISSO”
- IG.10.020.005.2.a “per ogni testa strumento”
- IG.10.020.005.2.b “per ogni ml di aste”
- IG.10.020.005.3 “A PIASTRA”
- IG.10.020.005.3.a “per ogni testa strumento”

- IG.10.020.005.3.b “per ogni ml di aste”
- IG.10.020.030.a “MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO - multibase e monobase a punto fisso o a piastra”

Nel prezzo sono incluse le giunzioni tra le singole aste e il rivestimento in corrugato PVC.

Nel prezzo è inclusa, inoltre, la misura di zero, la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, la cementazione, il riempimento del foro e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

12.2.1 Descrizione

Gli estensimetri monobase vengono utilizzati per controllare i movimenti in profondità mediante la misura dello spostamento verticale tra la testa dello strumento e la base di misura.

La base di misura può essere “a punto fisso” o a “piastra” e varia a seconda delle finalità. L'estensimetro a piastra è generalmente utilizzato per la misura in opere quali i rilevati. In tal caso l'installazione avverrà di pari passo con la realizzazione del rilevato stesso. L'estensimetro a punto fisso è invece previsto all'interno di un foro di sondaggio e poi cementato.

Le basi sono vincolate ad un'asta di misura, composta di elementi da assemblare durante l'installazione, che è libera di scorrere all'interno di una guaina corrugata aderente al terreno. Eventuali cedimenti del terreno causeranno un movimento dell'asta di misura all'interno della guaina protettiva e, mediante delle battute topografiche della borchia posta alla sommità dell'asta, si potrà quantificare l'entità del movimento.

L'estensimetro monobase è generalmente composto da:

- asta in acciaio;
- borchia per la misura;
- base “a punto fisso” o a “piastra”;
- guaina protettiva corrugata in PVC.

Caratteristiche tecniche

- materiale asta acciaio inox
- tipo di guaina corrugato in PVC
- materiale basi piastra in acciaio inox o perno con dischetti in acciaio inox
- dimensione base a piastra $\geq 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ e spessore $\geq 3 \text{ mm}$

- dimensione base a punto fisso altezza $\geq 600\text{mm}$ e diametro $\geq 60\text{mm}$
- materiale borchia di misura acciaio inox o ottone
- diametro aste $\geq 25\text{mm}$

12.2.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- In caso di installazione di estensimetro a punto fisso in foro di sondaggio predisporre dei tubi per il getto della malta cementizia (costituiti, per esempio, da materiale in PEAD PN6 - 4DN - 10DN 16-20). Lo sfiato della cannetta dovrà essere posizionato ad almeno 1m di distanza dalla barra di fondo e la canna stessa dovrà essere incisa nel suo primo tratto tramite taglierino in due - tre punti equidistati tra loro circa 20 cm;
- verificare l'integrità della strumentazione.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi a seconda del differente estensimetro considerato.

ESTENSIMETRO A PIASTRA

- eseguire uno scavo profondo circa 1 m circa da piano campagna. Il fondo dello scavo sarà livellato con sabbia fine (circa 20 cm) e compattata in modo da ottenere una superficie orizzontale sulla quale sarà posata la piastra;
- posare la piastra e avvitare il primo spezzone di asta;
- verificare la perfetta verticalità dell'asta avvitata alla piastra;
- predisporre la guaina corrugata (svincolata dalla piastra) intorno al primo spezzone;
- man mano che si procede con l'elevazione del rilevato si dovrà prolungare l'asta di misura, aggiungendo successivi spezzoni, avvitati tra loro tramite giunti e aggiungendo, quindi, i vari spezzoni di guaina corrugata (avvitando anch'essi tra di loro e sigillandoli con il nastro adesivo);
- sull'ultimo spezzone dovrà essere avvitata la borchia per le misure topografiche;
- per evitare possibili danneggiamenti causati dai mezzi di cantiere, il sistema asta di misura-rivestimento dovrà essere esternamente protetto con tubi prefabbricati in cemento, del diametro di circa 50 cm. L'intercapedine tra il tubo in cemento e la guaina dell'estensimetro dovrà essere riempita a mano;
- installare un pozzetto protettivo alla sommità dello strumento;

- la testa dell'asta di misura dovrà sporgere dalla guaina per consentire le misure topografiche di controllo;
- effettuare la lettura di zero mediante battuta topografica.

ESTENSIMETRO A PUNTO FISSO

- eseguire una perforazione di diametro adeguato all'inserimento dell'estensimetro;
- verificare con uno scandaglio la profondità del foro;
- avvitare il primo spezzone alla base (costituita da un perno di circa 60 cm, sul quale sono disposti una serie di dischi in acciaio inox di 6cm circa di diametro);
- accoppiare la prima porzione di guaina corrugata intorno al primo spezzone di asta poggiandola sull'apposito anello portaguaina;
- man mano che si cala lo strumento nel foro verranno inseriti ulteriori spezzoni di asta (avvitandoli tra loro mediante appositi giunti) e nuovi segmenti di guaina (avvitati tra loro e sigillati mediante nastro adesivo);
- sull'ultimo spezzone dovrà essere avvitata la borchia per le misure topografiche;
- terminata la posa in opera dell'estensimetro sollevare il rivestimento del foro di sondaggio di circa 1,5 m senza rotazione;
- iniettare in prossimità del fondo foro la malta cementizia formata da acqua, cemento e bentonite (in rapporto di 100 - 30 - 5) per almeno 2 m e aspettare il tempo necessario alla presa;
- successivamente riempire il foro di materiale idoneo (es. sabbia o ghiaietto) fino a boccaforo, sollevando man mano i rivestimenti senza rotazione;
- eseguire un piccolo getto con calcestruzzo per bloccare il terminale di superficie;
- installare un pozzetto protettivo alla sommità dello strumento;
- la testa dell'asta di misura dovrà sporgere dalla guaina per consentire le misure topografiche di controllo;
- effettuare la lettura di zero mediante battuta topografica.

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di perforazione l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

Le misure estensimetriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" (a seguito dell'accertata consolidazione della cementazione dello strumento) con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di deformazioni.

Le misure sono eseguite mediante battute topografiche sulla borchia di lettura e in riferimento ad un caposaldo fisso preinstallato. I vari spostamenti della porzione di terreno a cui è vincolata la base si traducono in spostamenti della borchia di misura.

I dati ottenuti vengono diagrammati in un grafico "cedimento - tempo", in cui si visualizzano nel tempo le variazioni alle varie profondità di installazione delle basi.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'estensimetro (nome, lunghezza, quota d'installazione della base, quota della borchia di misura, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

12.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta della base, della testa strumento, lunghezza delle aste, note e problematiche varie;
- caratteristiche e stratigrafia del terreno al contorno;

- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

12.3 ESTENSIMETRO INCREMENTALE IN PVC (DOTATO DI RISCONTRI DI MISURA INTERNI A BATTUTA)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.020.010** “ESTENSIMETRO INCREMENTALE IN PVC (CON RISCONTRI DI MISURA INTERNI A BATTUTA)”
- **IG.10.020.010.a** “per ogni installazione/approntamento”
- **IG.10.020.010.b** “per ogni ml di tubo”
- **IG.10.020.030.c** “MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO - incrementale”

Nel prezzo sono inclusi i manicotti.

Nel prezzo è inoltre inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, la cementazione, il lavaggio post-installazione dello strumento e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Il prezzo comprende lo strumento in tutte le sue componenti e considerando un passo di misura non superiore a 1 ml.

12.3.1 Descrizione

L'estensimetro incrementale è utilizzato per le misure di deformazioni lungo la direzione assiale di un foro di sondaggio, sia verso il basso che inclinato, mediante l'utilizzo di una sonda di precisione. Le basi di misura sono in questo caso fornite da una serie di riscontri interni al tubo stesso (con passo 1 m), sui quali la sonda effettua una battuta di lettura.

L'estensimetro incrementale è spesso utilizzato per la misura dell'estrusione del fronte delle gallerie, sia durante le fasi di scavo che durante i periodi di fermo lavori. Durante lo scavo andranno distrutti i primi metri di tubazione, ma la tipologia dello strumento consente la lettura sulla porzione restante all'interno dell'ammasso.

Un'altra applicazione è quella legata alla misura degli effetti in seguito ad iniezioni cementizie come, ad esempio, nella consolidazione dei terreni mediante *jet-grouting*.

L'estensimetro incrementale è generalmente composto da:

- tubi in PVC con riscontro interno;
- manicotti per la giunzione dei vari spezzoni;

- tappo di fondo;
- testa di misura.

Caratteristiche tecniche

- materiale tubi PVC
- lunghezza spezzoni 1m
- tipo di riscontro interno a "croce"

Caratteristiche tecniche della sonda di misura

- campo di misura ± 20 mm/m
- sensibilità ± 0.01 mm
- precisione ± 0.03 mm
- campo di temperatura $-10 / +40^{\circ}\text{C}$
- impermeabile fino a 15 bar

12.3.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- predisporre dei tubi per il getto della malta cementizia (costituiti, per esempio, da materiale in PEAD PN6 - 4DN - 10DN 16-20). Lo sfiato della cannetta dovrà essere posizionato ad almeno 1m di distanza dal tappo di fondo e la canna stessa dovrà essere incisa nel suo primo tratto tramite taglierino in due - tre punti equidistati tra loro circa 20 cm. Se la lunghezza dello strumento supera i 30 ml, si dovranno prevedere due tubi di iniezione, uno da fondo foro e uno a circa metà lunghezza;
- verificare l'integrità della strumentazione.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi a seconda del differente estensimetro considerato:

- pre-assemblare i vari spezzoni da 1 m, formando spezzoni di 2 m o 3 m;
- l'unione dei vari spezzoni avverrà infilando i vari spezzoni all'interno dei manicotti, nel verso indicato dai riferimenti presenti su di essi e avvitando le viti all'interno dei fori predisposti. In ultimo sigillare mediante diversi giri di nastro adesivo;
- installare il tappo di fondo al primo spezzone così creato e al quale si collegherà la canna di iniezione della boiaccia cementizia;

- inserire nel foro di sondaggio il primo spezzone e, man mano che si procede all'inserimento, collegare gli ulteriori spezzoni secondo le modalità già illustrate;
- se l'estensimetro è più lungo di 30 ml collegare una seconda cannetta di iniezione con sfiato a metà della lunghezza del foro di sondaggio;
- arrivati a fondo foro si procederà alla cementazione;
- se il foro di sondaggio è di tipo inclinato, prima di procedere all'iniezione della boiaccia cementizia si dovrà realizzare un tappo a bocca foro utilizzando cemento a presa rapida e gesso. Inoltre si dovrà installare una canna di sfiato (che si protenda all'interno del foro per non più di un metro) onde poter verificare l'avvenuto intasamento del foro;
- iniettare a partire da fondo foro la boiaccia cementizia con rapporto acqua -cemento - bentonite pari 100-50-2 (in alternativa alla bentonite si potrà utilizzare un additivo con funzione fluidificante ed accelerante di presa. In caso di ostruzione della cannetta di iniezione più lunga, si dovrà proseguire la cementazione attraverso la cannetta più corta;
- a livello di riempimento raggiunto e stabilizzazione avvenuta, si deve procedere al lavaggio dell'interno del tubo con acqua pulita;
- in caso di installazione da piano campagna verso il basso, installare un pozzetto protettivo alla sommità dello strumento;
- effettuare la lettura di zero (non prima di 10 giorni dalla cementazione dei tubi).

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di perforazione l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

Le misure estensimetriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" (a seguito dell'accertata consolidazione della cementazione dello strumento) con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di

realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in *ante operam*, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di deformazioni.

La strumentazione necessaria all'esecuzione delle misure è composta sostanzialmente da: sonda, aste in alluminio, cavo di segnale e centralina portatile.

La procedura da osservare durante l'esecuzione delle misure è la seguente:

- connettere il cavo di segnale alla sonda e alla centralina portatile;
- inserire la sonda nel foro fino a lasciar sporgere all'esterno soltanto la sua parte terminale dotata di filettatura o attacco a baionetta;
- collegare la sonda ad un'asta di misura tramite l'apposito collegamento filettato o a baionetta;
- collegare un'altra asta di misura a quella precedentemente e così via fino ad arrivare a fondo foro;
- arrivati a fondo foro, si comincia la lettura muovendo il sistema aste – sonda mentre si esercita una leggera trazione fino a giungere alla prima base di lettura. In questa posizione si esercita una trazione più energica e ci si ferma. A valore stabilizzato si legge il valore sul display della centralina: tale valore rappresenta la misura di riferimento per quella specifica base (fare una verifica con una seconda battuta);
- registrare questo primo valore, su computer portatile, o direttamente dalla centralina se prevista di memorizzazione del dato, o su carta utilizzando l'apposito modulo di misura;
- allentare quindi la trazione e ruotare la sonda di 45° tirandola a sé. In tal modo la sonda potrà "attraversare" il primo riscontro, passato il quale la sonda si ruota in verso opposto sempre di 45° e si porta in battuta sul riscontro successivo;
- continuare ad operare in questo modo su tutti i riscontri fino ad arrivare all'estrazione della sonda dal foro: a questo punto l'operazione di misura è terminata.

L'elaborazione dei dati è effettuata con fogli di calcolo o con appositi software, mediante i quali i dati acquisiti vengono trasformati in valori numerici che rappresentano l'entità (in mm) della deformazione verificatasi per ogni metro di lunghezza rispetto alla "misura zero" assunta come riferimento.

I dati vengono diagrammati sia come valori locali, sia come valori cumulati.

Per assicurare risultati accurati e corretti la strumentazione deve essere regolarmente sottoposta a calibrazione. I valori di calibrazione vengono poi utilizzati nell'elaborazione dei dati di campagna.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "spostamento - tempo" per ciascuna base di misura.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'estensimetro (nome, lunghezza, quota della testa strumento, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

12.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta (o posizione se in fori inclinati) della testa strumento e delle varie basi, lunghezza, note e problematiche varie;
- caratteristiche e stratigrafia del terreno al contorno;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

12.4 ESTENSIMETRO MAGNETICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.020.015 "ESTENSIMETRO MAGNETICO"
- IG.10.020.015.a "per ogni installazione/approntamento"
- IG.10.020.015.b "per ogni testa strumento"
- IG.10.020.015.c "per ogni anello magnetico"
- IG.10.020.015.d "per ogni ml di tubo"
- IG.10.020.030.b "MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO - magnetico"

Nel prezzo sono inclusi eventuali manicotti, il tappo di fondo e il corrugato antiattrito in PVC.

Gli anelli potranno essere sia di tipo a "ragno" che con piastra.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, la cementazione, il lavaggio post-installazione dello strumento e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Il prezzo comprende lo strumento in tutte le sue componenti.

L'interdistanza tra gli anelli non dovrà mai essere superiore ai 3 ml.

12.4.1 Descrizione

L'estensimetro magnetico, così come l'estensimetro incrementale con riscontri a battuta, è utilizzato per le misure di deformazioni lungo la direzione assiale di un foro di sondaggio, sia verso il basso che inclinato, mediante l'utilizzo di una sonda di precisione. Le basi di misura sono in questo caso fornite da una serie di anelli magnetici, vincolati all'esterno della guaina corrugata antiatrito, che fungono da riferimenti di lettura al passaggio della sonda. Il terreno, soggetto a cedimenti o a rigonfiamenti, trascina con sé gli anelli magnetici.

L'estensimetro magnetico può essere utilizzato, oltre che per la misura di cedimenti del terreno o di rilevati, anche per la misura dell'estrusione del fronte delle gallerie, sia durante le fasi di scavo che durante i periodi di fermo lavori. In questo caso durante lo scavo andranno distrutti i primi metri di tubazione, ma la tipologia dello strumento consente la lettura sulla porzione restante all'interno dell'ammasso.

Un'altra applicazione è quella legata alla misura degli effetti in seguito ad iniezioni cementizie come, ad esempio, nella consolidazione dei terreni mediante *jet-grouting*.

L'estensimetro magnetico è generalmente composto da:

- tubi in PVC;
- guaina antiatrito corrugata;
- anelli magnetici a ragno o a piastra;
- terminale di fondo;
- testa di misura.

Caratteristiche tecniche

- materiale tubi PVC
- lunghezza spezzoni da 1,5m a 3m
- diametro interno tubi $\geq 1"$
- tipo di riscontro anelli magnetici
- tipo di anelli magnetici a ragno o a piastra

12.4.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- predisporre dei tubi per il getto della malta cementizia (costituiti, per esempio, da materiale in PEAD PN6 - 4DN - 10DN 16-20);
- verificare l'integrità della strumentazione;
- collegare il terminale di fondo al primo spezzone di asta e al primo segmento di guaina corrugata;
- predisporre i vari spezzoni di asta infilandoli all'interno di altrettanti spezzoni di guaina corrugata in modo da velocizzare le successive fasi di installazione in foro.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- verificare con uno scandaglio la profondità del foro;
- inserire nel foro il primo spezzone a cui è stato precedentemente collegato il terminale di fondo;
- avvitare un secondo spezzone di asta alla prima e fare la stessa cosa con la guaina corrugata. Sigillare poi con nastro isolante la giunzione;
- proseguire in questo modo fino ad arrivare a fondo foro;
- sollevare i rivestimenti per circa 1,5m senza rotazione;
- immettere ghiaietto fino a ricoprire completamente il terminale di fondo (circa 1,5 m);
- sollevare i rivestimenti fino a circa 0,5m al di sopra della quota in cui è previsto il primo anello ed iniettare una malta cementizia (miscela di acqua-cemento-bentonite);
- calare nel foro il primo anello magnetico utilizzando l'apposito utensile di posa (l'anello a ragno si aprirà in automatico una volta fuoriuscito dal rivestimento del foro);
- verificare la quota di posa dell'anello mediante misura con sonda;
- sollevare ancora il rivestimento sino alla quota di posa del successivo anello e riempire di sabbia il foro;
- procedere, come già illustrato, all'installazione del secondo anello con la sequenza: sollevamento di 0,50 m del rivestimento, iniezione cemento, posa dell'anello magnetico, verifica con sonda;
- ripetere la procedura sino a completare l'installazione di tutti gli anelli;
- sciacquare il tubo con acqua pulita;

- in caso di installazione da piano campagna verso il basso, installare un pozzetto protettivo alla sommità dello strumento;
- effettuare la lettura di zero (non prima di 10 giorni dalla cementazione dei tubi).

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di perforazione l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

Le misure estensimetriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" (a seguito dell'accertata consolidazione della cementazione dello strumento) con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di deformazioni.

La strumentazione necessaria all'esecuzione delle misure è composta sostanzialmente da una sonda con cavo millimetrato.

La procedura da osservare durante l'esecuzione delle misure è la seguente:

- calare la sondina millimetrata sino alla quota del primo anello, in corrispondenza del quale verrà emesso un segnale sonoro;
- leggere sul cavo millimetrato la distanza tra la testa dell'estensimetro e il punto di inizio del segnale sonoro: appuntare tale misura, detta L1, sul modulo delle misure;
- calare leggermente la sonda fino a quando il cicalino non smette di suonare. Giocare delicatamente con la sonda, rialzandola e riabbassandola, fino ad intercettare esattamente il punto in cui il cicalino smette di suonare: appuntare tale misura, detta L2, sul modulo delle misure;
- proseguire in discesa ripetendo l'operazione per tutti gli anelli;

- arrivati in fondo si ripeteranno le misure in salita, indicando con L3 e L4 rispettivamente le misure di innesco e disinnesco del cicalino;
- La misura esatta della posizione dell'anello magnetico si otterrà mediando i quattro valori misurati per ogni anello.

In caso di estensimetri inclinati, le misure avverranno come sopra illustrato ed utilizzando un apposito centratore.

L'elaborazione dei dati è effettuata con fogli di calcolo o con appositi software, mediante i quali i dati acquisiti vengono trasformati in valori numerici che rappresentano l'entità (in mm) dei movimenti verificatisi rispetto alla "misura zero" assunta come riferimento.

I dati vengono diagrammati sia come valori locali, sia come valori cumulati.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "spostamento - tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'estensimetro (nome, lunghezza, quota della testa strumento e degli anelli magnetici, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

12.4.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta (o posizione se in fori inclinati) della testa strumento e dei vari anelli, lunghezza, note e problematiche varie;
- caratteristiche e stratigrafia del terreno al contorno;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

12.5 ASSESTIMETRO A FLUIDO MULTIPUNTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.020.020 "ASSESTIMETRO A FLUIDO MULTIPUNTO"
- IG.10.020.020.a "per ogni stazione di riferimento/serbatoio"
- IG.10.020.020.b "per ogni singola cella assestimetrica"
- IG.10.020.035 "MISURA DI TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO O ASSESTIMETRO A FLUIDO"

Ogni stazione di riferimento/serbatoio può gestire contemporaneamente più celle assestimetriche.

Lo strumento dovrà avere un campo di misura minimo pari a 20 kPa e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0.25\%$ FS.

Nel prezzo complessivo è compreso l'approntamento, la coibentazione del sistema, le raccorderie e il liquido.

Il tubo idraulico contenente il liquido sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

12.5.1 Descrizione

L'assestimetro a fluido multipunto è particolarmente indicato per la misura dei cedimenti in rilevato o dighe, ma anche per il monitoraggio degli spostamenti verticali di gallerie o edifici.

Lo strumento si compone di un certo numero di trasduttori di pressione (cella assestimetrica), collegati ad un'unità serbatoio che funge da stazione di riferimento. Il funzionamento del sistema si basa sul principio che una colonna di liquido esercita una certa pressione in funzione della propria altezza. Per cui in base all'entità dei cedimenti che si dovessero verificare varierà anche l'altezza del liquido.

La distribuzione ed il numero dei punti di misura varierà di caso in caso e dovrà essere stabilito in accordo con i progettisti e con ANAS.

L'assestimetro a fluido multipunto è generalmente composto da:

- celle assestimetriche (punti di misura);
- stazione di riferimento (serbatoio);
- circuito idraulico composto da tubi idraulici in polietilene e raccorderie;
- cavi elettrici di segnale;

- liquido.

Caratteristiche tecniche

- materiale tubi idraulici polietilene
- materiale raccorderie ottone
- campo di misura $\geq 20\text{kPa}$
- precisione totale $\pm 0.25\%$ FS
- liquido miscela acqua/glicerina

12.5.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- disareare il liquido di riempimento dei circuiti;
- verificare l'integrità della strumentazione.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- installare le varie unità di misura secondo le posizioni di progetto. Per installazioni su rilevato adagiare le celle su un apposito letto di sabbia livellata e verificare che si trovino tutte alla stessa altezza e poi ricoprirle con uno strato di sabbia di circa 30 cm di spessore compattato a mano;
- installare la stazione di riferimento in una posizione esterna all'area soggetta a cedimenti;
- collegare l'impianto idraulico ed i cavi di segnale;
- immettere il liquido all'interno del sistema (in caso di installazione su rilevato questa operazione dovrà essere effettuata prima del ricoprimento delle celle di misura);
- l'immissione avverrà con l'utilizzo di un saturatore e di un compressore portatile (la pressione dell'aria dovrà essere compresa tra 100 kPa e 400 kPa);
- controllare che il livello di liquido nella stazione di riferimento sia idoneo (possibilmente a metà livello);
- Lettura di zero da effettuarsi quando sia accertata la stabilizzazione del sistema.

Misure

Le misure assestometriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza

di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di deformazioni.

Le misure si possono effettuare o mediante una centralina di misura portatile o mediante un Datalogger dedicato.

La procedura da osservare durante l'esecuzione delle misure con centralina portatile è la seguente:

- collegare la centralina al cavo di segnale della cella di misura mediante l'apposito connettore e riportare il valore sul modulo delle misure;
- l'elaborazione dei dati è effettuata con fogli di calcolo o con appositi software, mediante i quali i dati acquisiti vengono trasformati in valori numerici che rappresentano l'entità (in mm) del cedimento verificatosi.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "cedimento - tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'assestimento (nome, lunghezza, quota di posa delle varie celle di misura e della stazione di riferimento, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati dei cedimenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

12.5.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta delle varie celle di misura e della stazione di riferimento, lunghezza e schema dell'impianto idraulico, note e problematiche varie;
- caratteristiche e stratigrafia del terreno al contorno;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

12.6 TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.020.025** "TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO".
- **IG.10.020.035** "MISURA DI TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO O ASSESTIMETRO A FLUIDO"

Per la misura automatica degli spostamenti misurati da estensimetri ad aste.

Lo strumento dovrà avere un campo di misura minimo pari a 50 mm e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0.25\%$ FS.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

12.6.1 Descrizione

Il trasduttore di spostamento è concepito per la misura automatica degli spostamenti all'interno di estensimetri aste.

I trasduttori di spostamento sono generalmente costituiti da un corpo cilindrico in acciaio inossidabile contenente il sensore, da un'asta di misura che va avvitata alla testa dell'estensimetro e da un cavo elettrico per la trasmissione del segnale.

Una volta collegato il trasduttore sulla rispettiva testa di misura, esso misurerà i movimenti della relativa base. Il segnale elettrico verrà registrato da una centralina portatile o da un Datalogger e, mediante fogli di calcolo, trasformato in misura di spostamento (in mm).

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

L'Affidatario dovrà informare il DEC o DL riguardo al modello che intende utilizzare, specificandone le caratteristiche tecniche.

Le modalità di installazione saranno conformi a quanto indicato dal costruttore per il modello prescelto e comunicata alla DL.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale del corpo acciaio inox
- campo di misura $\geq 50\text{mm}$
- precisione totale $\pm 0.25\% \text{ FS}$

12.6.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare l'integrità della strumentazione;
- verificare la funzionalità della strumentazione;
- effettuare una misura manuale dell'estensimetro (almeno 2) mediante calibro digitale.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- avvitare la punta dell'asta di misura del trasduttore all'interno della testa di battuta dell'asta dell'estensimetro. In questa fase, assicurarsi che il pernetto di blocco della rotazione presente sull'asta del trasduttore sia inserito nell'apposito alloggiamento (questo eviterà torsioni accidentali che possano compromettere l'integrità del sensore);
- avvitare il raccordo che vincolerà il trasduttore alla testa dello strumento;
- prima di serrare il raccordo collegare il trasduttore alla centralina e regolare (alzandolo o abbassandolo) il trasduttore sino ad ottenere la misura desiderata;
- una volta posizionato il trasduttore all'altezza richiesta, serrare il raccordo;
- ripetere la stessa operazione per tutte le basi di misura previste con altrettanti trasduttori;
- contrassegnare i vari cavi di segnale in funzione della base di misura a cui si riferiscono;
- effettuare una misura di zero mediando i valori di almeno 3 misure consecutive per ogni base.

Misure

Le misure estensimetriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in *ante operam*, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di deformazioni.

Prima di installare i trasduttori dovranno essere eseguite delle letture (almeno due) con calibro digitale, questo per consentire, in caso di malfunzionamento, di riprendere le letture manuali.

La misura dei trasduttori di spostamento deve essere effettuata mediante un'apposita centralina portatile o mediante collegamento del cavo di misura ad un *Datalogger* fisso.

Il segnale elettrico registrato è proporzionale all'allungamento o accorciamento dell'asta del trasduttore e, in fase di elaborazione, sarà trasformato nel valore di spostamento della base di misura. I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "spostamento - tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'estensimetro (nome, lunghezza delle varie aste, quota d'installazione delle basi, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo delle varie basi di misura;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

12.6.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura e certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, nome estensimetro, nome base di misura, quota assoluta della testa strumento e delle basi di misura, note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero;
- Report delle successive letture estensimetriche (se prevista la prosecuzione delle misure).

12.7 MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.020.030 "MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO"
- IG.10.020.030.a "MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO - multibase e monobase a punto fisso o a piastra"
- IG.10.020.030.b "MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO - magnetico"
- IG.10.020.030.c "MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO – incrementale"

Le specifiche inerenti la misura dei vari estensimetri sono descritte nell'apposita voce "MISURE" presente nei rispettivi paragrafi dei vari strumenti.

Di seguito si riportano alcune indicazioni riferite alle misure dei diversi tipi di estensimetri illustrati.

MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO "MULTIBASE" E "MONOBASE A PUNTO FISSO O A PIASTRA"

La misura sarà effettuata mediante calibro digitale o altro strumento idoneo.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

Il prezzo si riferisce ad ogni singolo punto di misura.

MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO "MAGNETICO"

La misura sarà effettuata mediante apposita sonda mobile millimetrata.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

Nella lettura si dovrà avere cura di effettuare una prima misura in discesa (L1 ed L2) ed una seconda in salita (L3 ed L4), al fine di mediare i valori ed ottenere quello corrispettivo al centro dell'anello magnetico.

Il prezzo si riferisce ad ogni singolo punto di misura e comprende sia la lettura effettuata in discesa che quella in salita.

MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO "INCREMENTALE"

La misura sarà effettuata mediante apposita sonda mobile.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

Prima dell'inizio di ogni misura sarà necessario far stazionare la sonda in prossimità del fondoforo del tubo estensimetrico per un tempo idoneo alla stabilizzazione della temperatura della sonda stessa.

Le misure dovranno essere effettuate con passo 1 m.

12.8 MISURA DI TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO O ASSESTIMETRO A FLUIDO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.020.035** "MISURA DI TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO O ASSESTIMETRO A FLUIDO"

Le specifiche inerenti la misura dei vari estensimetri sono descritte nell'apposita voce "MISURE" presente nei rispettivi paragrafi dei vari strumenti.

La misura sarà effettuata mediante apposita centralina portatile.

Il prezzo è relativo alla misura di un singolo trasduttore o singola cella assestometrica.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

13 BARRETTE ESTENSIMETRICHE

Le barrette estensimetriche sono utilizzate per misurare le deformazioni, e quindi definire gli stati tensionali, all'interno di strutture definitive e provvisorie.

La barretta estensimetrica è adoperata generalmente per:

- monitoraggio degli stati tensionali delle centine;
- controllo delle tensioni nei pali e nei diaframmi;
- controllo di strutture c.a. e/o cls;
- controlli strutturali di conci in galleria, strutture prefabbricate, ecc..

Si dovrà prevedere l'installazione delle barrette in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure *ante operam*. In tale fase, nella quale le deformazioni possono essere nulle o, comunque limitate, verrà eseguita la misura di zero, dalla quale dipenderanno poi tutte le misure successive.

Occorre che l'Affidatario presti la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

13.1 BARRETTA ESTENSIMETRICA (SIA A SALDARE CHE ANNEGATA IN CLS)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.030.001 "BARRETTA ESTENSIMETRICA (sia a saldare che annegata in cls)"
- IG.10.030.005 "MISURA DI BARRETTA ESTENSIMETRICA"

La barretta estensimetrica può avere un sensore a corda vibrante o resistivo. Lo strumento dovrà includere il sensore di temperatura e dovrà avere un campo di misura minimo pari a 3000 $\mu\epsilon$ e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0.5\%$ FS.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo (es. blocchetti di fissaggio a saldare) e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

13.1.1 Descrizione

La barretta estensimetrica è costituita da un elemento centrale in cui è collocato il sensore e al quale sono vincolati due braccetti disposti a 180° tra loro. Le parti terminali dei braccetti sono libere di muoversi lungo il loro asse (entro un certo *range*) e vengono vincolate alla struttura da monitorare in modo tale da seguirne le deformazioni (trazione o compressione). L'allungamento, o il raccorciamento, della barretta estensimetrica produce una variazione del segnale emesso dal sensore. Tale segnale verrà letto mediante una centralina portatile e, in seguito ad un'opportuna elaborazione, verrà trasformato in un valore di deformazione.

La barretta estensimetrica può lavorare indifferentemente sia a trazione che a compressione, inoltre la parte sensibilizzata è resinata al fine di preservare la funzionalità dello strumento nel caso di urti o immersione.

Le barrette estensimetriche possono essere installate sia a saldare (ad esempio sulle centine o sulle armature di pali e diaframmi) che annegate in calcestruzzo.

Caratteristiche tecniche minime

- tipo di misura deformazione (trazione o compressione)
- tipo di sensore corda vibrante o resistivo
- campo di misura $\geq 3000 \mu\epsilon$
- precisione totale $\pm 0.5\%$ FS
- campo di temperatura - 20 / + 70 °C

13.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare la perfetta funzionalità di tutte le barrette estensimetriche e che il segnale sia stabile;
- in caso di installazione a saldare, predisporre le dime di posizionamento dei blocchetti.

Tenendo presente che lo strumento arriverà preassemblato dalla fabbrica secondo le lunghezze richieste, l'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi.

BARRETTE ESTENSIMETRICHE A SALDARE

- in caso di installazione a saldare, posizionare la dima (precedentemente predisposta con i due blocchetti) sull'armatura, secondo la posizione di progetto, e saldare i blocchetti;
- quando i blocchetti si saranno raffreddati, estrarre la dima;
- inserire la barretta estensimetrica nei due blocchetti facendo in modo che il lato della barretta da cui esce il cavo di segnale sia rivolto in direzione di un punto di facile accesso alle letture;
- prima di serrare le viti dei blocchetti verificare, mediante la centralina, che il segnale di uscita sia corretto. In caso contrario agire con delicatezza sui braccetti della barretta, tirandoli o accorciandoli leggermente fino al raggiungimento del valore idoneo;
- serrare le viti dei blocchetti;
- cablare il cavo in modo da posizionarlo in un punto sicuro e di facile accesso alle letture;
- effettuare la lettura post-installazione con l'apposita centralina di misura;
- effettuare necessariamente un'ulteriore lettura in seguito al getto del cls.

BARRETTE ESTENSIMETRICHE DA ANNEGARE IN CLS

- in caso di installazione con barrette da annegare nel calcestruzzo, non si dovranno utilizzare le dime, ma la barretta sarà posizionata secondo lo schema di progetto e tenuta in posizione mediante fil di ferro o fascette;
- cablare il cavo in modo da posizionarlo in un punto sicuro e di facile accesso alle letture;
- effettuare il getto di cls;
- effettuare la lettura post-installazione con l'apposita centralina di misura.

Misure

Le misure delle barrette estensimetriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi

fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di deformazioni.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di centraline portatili o Datalogger.

La misura avverrà collegando la centralina portatile al cavo di segnale della barretta tramite i relativi "cocodrilli" ed appuntando la lettura sul modulo delle misure. In genere il cavo di segnale della barretta estensimetrica è costituito da due coppie, una per la misura di deformazione e una per la misura della temperatura.

I dati registrati saranno poi elaborati mediante appositi fogli di calcolo e verranno trasformati in valori di deformazione ($\mu\epsilon$), venendo poi diagrammati in un grafico "deformazioni - tempo" e "variazione della temperatura - tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi alla barretta estensimetrica (nome, posizione rispetto alla struttura, eventuale quota d'installazione, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati delle deformazioni nel tempo e delle oscillazioni della temperatura;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione delle deformazioni e sulle possibili cause.

13.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

13.2 MISURA DI BARRETTA ESTENSIMETRICA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.030.005** "MISURA DI BARRETTA ESTENSIMETRICA"

Le specifiche inerenti la misura delle barrette estensimetriche sono descritte nell'apposita voce "MISURE" presente nel rispettivo paragrafo dello strumento.

La misura sarà effettuata mediante apposita centralina portatile ed è intesa indifferentemente sia per barrette a saldare che per barrette da annegare in CLS.

Il prezzo è relativo alla misura, successiva a quella di zero, di una singola barretta.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

14 CELLE DI CARICO E CELLE DI PRESSIONE

Le celle di carico e le celle di pressione sono utilizzate per misurare il carico esercitato sugli elementi di una struttura. Il loro utilizzo è utile per definire le pressioni esercitate in ambito di opere sia provvisorie che definitive.

I più diffusi utilizzi sono:

- monitoraggio degli stati tensionali delle centine;
- controllo delle tensioni nei pali e nei diaframmi;
- controllo delle tensioni dei puntoni;
- controllo delle tensioni all'interno di conci in galleria;
- controllo di strutture c.a. e/o cls;
- controllo dello stato tensionale di funi o reti paramassi.

Si dovrà prevedere l'installazione delle varie celle in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure con carichi ridotti rispetto a quelli previsti in esercizio. In tale fase verrà eseguita la misura di zero, dalla quale dipenderanno poi tutte le misure successive.

Occorre che l'Affidatario presti la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

14.1 CELLA DI CARICO PER CENTINA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.040.001 "CELLA DI CARICO PER CENTINA"
- IG.10.040.001.a "per ogni singola cella con campo di misura < 1000kN"
- IG.10.040.001.b "per ogni singola cella con campo di misura da $\geq 1000\text{kN}$ a < 2000kN"
- IG.10.040.001.c "per ogni singola cella con campo di misura $\geq 2000\text{kN}$ "
- IG.10.040.025 "MISURA DI CELLA DI CARICO O PRESSIONE"

Lo strumento dovrà avere Precisione Totale pari almeno a $\pm 1\%$ FS.

Nel prezzo è inclusa anche la fornitura e posa in opera delle piastre di distribuzione.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

14.1.1 Descrizione

La cella di carico per centina è progettata per essere collocata alla base delle centine al fine di misurare il carico che esse trasmettono al loro piede. Un altro utilizzo è quello della misura delle tensioni agenti sui puntoni.

Le celle di carico per centina sono costituite da due piatti in acciaio saldati lungo il perimetro e che racchiudono una cavità riempita sottovuoto con olio disareato. La camera interna è collegata ad un trasduttore di pressione elettrico che trasforma ogni variazione di pressione in una variazione di segnale elettrico. Tale segnale elettrico è misurato mediante una centralina portatile o da un *Datalogger* fisso. Mediante appositi software o fogli di calcolo la misura registrata viene poi trasformata in un valore di carico agente.

Le celle di carico si differenziano in base alla loro dimensione ed al carico a cui possono essere sottoposte.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale acciaio inox

- tipo di liquido olio disareato
- campo di misura variabile
- precisione totale $\pm 1\%$ FS
- campo di temperatura - 20 / + 70 °C

14.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che la cella sia adeguata alle lavorazioni, sia in termini di carico che di dimensione;
- verificare la perfetta funzionalità della cella e che il segnale sia stabile;
- effettuare una lettura pre-installazione ed appuntare il valore;
- nel caso venga posizionata ai piedi di una centina la messa in opera dovrà essere preceduta dalla realizzazione di un apposito piano di base in sabbia su cui appoggiare la piastra di ripartizione;
- predisporre, se necessario, delle apposite piastre di distribuzione a bassa deformabilità per l'omogenea distribuzione del carico.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- durante la fase di assemblaggio della centina, o del puntone, posizionare la cella di carico avendo cura che tutte le superfici siano il più possibile lisce e piane;
- centrare la cella e assicurarsi che tutto il carico possa essere ripartito uniformemente;
- ruotare la cella in modo da indirizzare il cavo, senza torsioni o rischio di danneggiamento, in un punto sicuro e di facile accesso alle letture;
- completare l'installazione della centina, o del puntone, serrando la cella e facendo in modo che il carico venga applicato e ripartito uniformemente sulle piastre della cella;
- effettuare la lettura post-installazione con l'apposita centralina di misura;
- effettuare necessariamente un'ulteriore lettura a seguito dell'eventuale getto del CLS.

Misure

Le misure delle celle di carico sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. La misura di zero avverrà dopo l'applicazione del carico sulla cella.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di centraline portatili o Datalogger.

La misura avverrà collegando la centralina portatile al cavo di segnale della cella tramite i relativi “coccodrilli” ed appuntando la lettura sul modulo delle misure.

I dati registrati saranno poi elaborati mediante appositi fogli di calcolo e verranno trasformati in valori di carico agente sulla cella, venendo poi diagrammati in un grafico “carico agente - tempo”.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi alla cella di carico (nome, posizione rispetto alla struttura, portata della cella, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati dei carichi agenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni dei carichi e sulle possibili cause.

14.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

14.2 CELLA DI CARICO A COMPRESSIONE (PER PROVE DI CARICO SU PALI)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.040.005 “CELLA DI CARICO A COMPRESSIONE (per prove di carico su pali)”
- IG.10.040.005.a “per ogni singola cella con campo di misura < 3000kN”
- IG.10.040.005.b “per ogni singola cella con campo di misura da $\geq 3000\text{kN}$ a < 8000kN”
- IG.10.040.005.c “per ogni singola cella con campo di misura $\geq 8000\text{kN}$ ”
- IG.10.040.025 “MISURA DI CELLA DI CARICO O PRESSIONE”

Lo strumento dovrà avere Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,1\%$ FS.

Nel prezzo è inclusa anche la fornitura e posa in opera delle piastre di distribuzione.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale pre-assemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

14.2.1 Descrizione

La cella di carico a compressione è generalmente usata per l'esecuzione di prove di carico su pali.

Queste celle di carico sono di tipo elettrico a resistenza (cella a ponte di estensimetri) e sono costituite da un corpo cilindrico in acciaio inox strumentato con quattro estensimetri resistivi collegati in modo da costituire un circuito elettrico tipo ponte di Wheatstone. Tale configurazione consente di minimizzare gli errori derivanti dall'eventuale eccentricità del carico applicato.

In base al carico agente verrà trasmesso un determinato segnale elettrico che viene poi misurato mediante una centralina portatile o un *Datalogger* fisso.

Le celle di carico si differenziano in base alla loro dimensione ed al carico a cui possono essere sottoposte.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale acciaio inox
- tipo di sensori estensimetri a resistenza
- campo di misura variabile
- precisione totale $\pm 0,1\%$ FS
- campo di temperatura $- 20 / + 70$ °C

14.2.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che la cella sia adeguata alle lavorazioni, sia in termini di carico che di dimensione;
- verificare la perfetta funzionalità della cella e che il segnale sia stabile;
- effettuare una lettura pre-installazione ed appuntare il valore.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- posizionare la cella di carico avendo cura che tutte le superfici siano il più possibile lisce e piane;

- applicare, se necessario, delle piastre di distribuzione del carico a bassa deformabilità;
- centrare la cella e assicurarsi che tutto il carico possa essere ripartito uniformemente;
- ruotare la cella in modo da indirizzare il cavo, senza torsioni o rischio di danneggiamento, in un punto sicuro e di facile accesso alle letture;
- applicare il carico verificando la perfetta tenuta e stabilità della cella;
- effettuare la lettura post-installazione con l'apposita centralina di misura;
- misurare il graduale incremento del carico imposto durante le varie fasi della prova di compressione sul palo.

Misure

Le misure delle celle di carico sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. La misura di zero avverrà dopo l'applicazione del primo carico sulla cella.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di centraline portatili o *Datalogger*.

La misura avverrà collegando la centralina portatile al cavo di segnale della cella tramite i relativi "cocco-drilli" ed appuntando la lettura sul modulo delle misure.

I dati registrati saranno poi elaborati mediante appositi fogli di calcolo e verranno trasformati in valori di carico agente sulla cella, venendo poi diagrammati in un grafico "carico agente – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi alla cella di carico (nome, posizione rispetto alla struttura, portata della cella, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati dei carichi agenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni dei carichi e sulle possibili cause.

14.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);

- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

14.3 CELLA DI CARICO TOROIDALE PER TIRANTI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.040.010 "CELLA DI CARICO TOROIDALE PER TIRANTI"
- IG.10.040.010.1 "CELLA DI CARICO TOROIDALE ELETTRICA"
- IG.10.040.010.1.a "per ogni singola cella con campo di misura < 1000kN"
- IG.10.040.010.1.b "per ogni singola cella con campo di misura da $\geq 1000\text{kN}$ a < 1500kN"
- IG.10.040.010.1.c "per ogni singola cella con campo di misura da $\geq 1500\text{kN}$ a < 2500kN"
- IG.10.040.010.1.d "per ogni singola cella con campo di misura $\geq 2500\text{kN}$ "
- IG.10.040.010.2 "CELLA DI CARICO TOROIDALE IDRAULICA"
- IG.10.040.010.2.a "per ogni singola cella con campo di misura < 1000kN"
- IG.10.040.010.2.b "per ogni singola cella con campo di misura da $\geq 1000\text{kN}$ a < 1500kN"
- IG.10.040.010.2.c "per ogni singola cella con campo di misura da $\geq 1500\text{kN}$ a < 2500kN"
- IG.10.040.010.2.d "per ogni singola cella con campo di misura $\geq 2500\text{kN}$ "
- IG.10.040.025 "MISURA DI CELLA DI CARICO O PRESSIONE"

Lo strumento dovrà avere Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,5\%$ FS per le celle elettriche e $\pm 1\%$ FS per le celle idrauliche.

Nel prezzo è inclusa anche la fornitura e posa in opera delle piastre di distribuzione.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale pre-assemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

14.3.1 Descrizione

La cella di carico per tiranti presenta una forma toroidale ed è progettata per il controllo della fase di tesatura di tiranti e del loro rilascio tensionale in fase di esercizio.

Le celle di carico per tiranti possono essere sia di tipo elettrico che di tipo idraulico.

Nel primo caso sono costituite da un corpo in acciaio di forma toroidale sensibilizzato con estensimetri di tipo resistivo, secondo una particolare configurazione (griglia estensimetrica), tale da consentire la misura delle deformazioni a cui la cella è sottoposta. La griglia è configurata in modo da poter conservare la piena funzionalità dello strumento in caso di urti o d'immersione. La cella viene installata tra due piastre di distribuzione del carico a bassa deformabilità ed il segnale elettrico, trasmesso dai sensori, viene misurato mediante una centralina portatile o un Datalogger fisso. Mediante appositi software o fogli di calcolo la misura registrata viene poi trasformata in un valore di carico agente.

Le celle di tipo idraulico presentano, invece, al loro interno una camera saturata sottovuoto con olio disareato. La pressione esercitata sulla camera viene trasferita direttamente su un manometro installato in corrispondenza della cella stessa (in tal caso le letture si fanno leggendo direttamente il valore riportato sul manometro). In alternativa la camera interna può essere collegata ad un trasduttore di pressione elettrico che trasforma ogni variazione di pressione in una variazione di segnale elettrico (in tal caso la lettura verrà effettuata con un'apposita centralina di misura).

Le celle di carico si differenziano in base alla loro dimensione ed al carico a cui possono essere sottoposte.

Caratteristiche tecniche minime

- celle toroidali elettriche
 - materiale acciaio inox
 - campo di misura variabile
 - precisione totale $\pm 0,5\%$ FS
 - campo di temperatura - 20 / + 70 °C
- celle toroidali idrauliche
 - materiale acciaio inox
 - tipo di liquido olio disareato
 - campo di misura variabile
 - precisione totale $\pm 1\%$ FS
 - campo di temperatura - 20 / + 70 °C

14.3.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che la cella sia adeguata alle lavorazioni, sia in termini di carico che di dimensione;
- verificare la perfetta funzionalità della cella e che il segnale sia stabile;
- effettuare una lettura pre-installazione ed appuntare il valore;
- procedere alla pulitura di tutte le superfici e verificare che siano quanto più possibile lisce e piane. In tale fase spianare e lisciare la superficie di contatto nell'intorno del foro predisposto per il tirante da strumentare, scalpellando le asperità maggiori;
- stendere un leggero strato di calcestruzzo onde garantire la planarità della superficie.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- applicare la piastra di appoggio. Le piastre di distribuzione devono avere una bassa deformabilità;
- appoggiare la cella di carico alla superficie predisposta avendo cura di ruotare la cella in modo da indirizzare l'eventuale cavo, senza torsioni o rischio di danneggiamento, in un punto sicuro e di facile accesso alle letture;
- installare la piastra di distribuzione;
- iniziare le operazioni di messa in tiro del bullone, valutando subito l'opportunità di regolare la posizione della cella al fine di garantirne la perfetta planarità e, conseguentemente, la perfetta distribuzione del carico. Tale operazione sarà eseguita controllando i valori elettrici della cella mediante centralina di misura o mediante manometro;
- procedere con la messa in carico fino al valore di progetto;
- a tirantaggio avvenuto effettuare la misura di zero.

Misure

Le misure delle celle di carico sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. La misura di zero avverrà non appena sia completata la fase di tirantaggio.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di centraline portatili (o Datalogger) o direttamente leggendo il valore riportato sul manometro della cella (per celle idrauliche).

La misura con centralina avverrà collegando la centralina portatile al cavo di segnale della cella tramite i relativi "coccodrilli" ed appuntando la lettura sul modulo delle misure.

I dati registrati saranno poi elaborati mediante appositi fogli di calcolo e verranno trasformati in valori di carico agente sulla cella, venendo poi diagrammati in un grafico “carico agente - tempo”.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi alla cella di carico (nome, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, portata della cella, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati dei carichi agenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni dei carichi e sulle possibili cause.

14.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

14.4 CELLA DI CARICO A TRAZIONE PER FUNI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.040.015 “CELLA DI CARICO A TRAZIONE PER FUNI”
- IG.10.040.015.a “per ogni singola cella con campo di misura < 40kN”
- IG.10.040.015.b “per ogni singola cella con campo di misura da $\geq 40\text{kN}$ a < 200kN”
- IG.10.040.015.c “per ogni singola cella con campo di misura $\geq 200\text{kN}$ ”
- IG.10.040.025 “MISURA DI CELLA DI CARICO O PRESSIONE”

Lo strumento dovrà avere Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,1\%$ FS.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire

direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

14.4.1 Descrizione

La cella di carico a trazione per funi è usata per il controllo della tensione delle funi metalliche delle reti paramassi.

Queste celle di carico sono costituite da un corpo in acciaio inox strumentato con estensimetri resistivi. Le tensioni applicate dai carichi agenti vengono trasmesse sui sensori generando un segnale elettrico che viene poi misurato mediante una centralina portatile o un Datalogger fisso.

Le celle di carico si differenziano in base alla loro dimensione ed al carico a cui possono essere sottoposte.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale acciaio inox
- tipo di sensori estensimetri a resistenza
- campo di misura variabile
- precisione totale $\pm 0,1\%$ FS
- campo di temperatura $- 20 / + 70$ °C

14.4.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che la cella sia adeguata alle lavorazioni, sia in termini di carico che di dimensione;
- verificare la perfetta funzionalità della cella e che il segnale sia stabile;
- effettuare una lettura pre-installazione ed appuntare il valore.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- posizionare la cella avendo cura che la superficie di appoggio della parete non presenti asperità e che la cella possa appoggiarvi senza subire danni in caso di tesaggio;
- collegare la cella alle asole di due spezzoni di funi mediante gli appositi grilli in acciaio zincato;
- controllare che il cavo di segnale sia rivolto in direzione di un punto sicuro e di facile accesso alle letture;

- completare l'installazione delle funi;
- effettuare la lettura post-installazione con l'apposita centralina di misura.

Misure

Le misure delle celle di carico sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. La misura di zero avverrà dopo aver terminato l'installazione delle funi e, quindi, all'inizio dell'esercizio della cella stessa.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di centraline portatili o Datalogger.

La misura avverrà collegando la centralina portatile al cavo di segnale della cella tramite i relativi "cocodrilli" ed appuntando la lettura sul modulo delle misure.

I dati registrati saranno poi elaborati mediante appositi fogli di calcolo e verranno trasformati in valori di carico agente sulla cella, venendo poi diagrammati in un grafico "carico agente - tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi alla cella di carico (nome, posizione rispetto alla struttura, quota della cella, portata della cella, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati dei carichi agenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni dei carichi e sulle possibili cause.

14.4.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

14.5 CELLA DI PRESSIONE NATM

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.040.020 “CELLA DI PRESSIONE NATM”
- IG.10.040.020.a “per ogni singola cella con campo di misura < 200kN”
- IG.10.040.020.b “per ogni singola cella con campo di misura da $\geq 200\text{kN}$ a < 400kN”
- IG.10.040.020.c “per ogni singola cella con campo di misura $\geq 400\text{kN}$ ”
- IG.10.040.025 “MISURA DI CELLA DI CARICO O PRESSIONE”

Lo strumento dovrà avere Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,5\%$ FS.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

14.5.1 Descrizione

La cella di pressione di tipo NATM è progettata per misurare la pressione totale esercitata al contatto tra due differenti materiali o strutture. Tali celle possono anche essere annegate nel terreno o nel calcestruzzo per determinare lo stato di sforzo.

La cella è costituita da due lamine di acciaio saldate lungo il perimetro e che racchiudono una sottile cavità riempita sottovuoto con olio disareato. La cella può essere costituita o con tubo idraulico, necessario alla messa in carica (in questo caso il trasduttore può essere montato sia sulla cella che sul tubo), o senza tubo idraulico (in questo caso il trasduttore è montato direttamente sulla cella).

La cella con tubo idraulico, presenta la caratteristica di essere ripressurizzabile. Tale operazione si rende necessaria quando, ad esempio, in seguito a difetti di contatto successivi al getto del calcestruzzo, sia necessario ripristinare l'aderenza della cella su tutta la superficie.

Le celle di carico si differenziano in base alla loro dimensione ed al carico a cui possono essere sottoposte.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale acciaio inox
- tipo di liquido olio disareato
- campo di misura variabile

- precisione totale $\pm 0,5\%$ FS
- campo di temperatura - 20 / + 70 °C
- grado di protezione IP68

14.5.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che la cella sia adeguata alle lavorazioni, sia in termini di carico che di dimensione;
- verificare la perfetta funzionalità della cella e che il segnale sia stabile;
- effettuare una lettura pre-installazione ed appuntare il valore.

L'installazione vera e propria dipende fortemente dal tipo di contesto e seguirà le seguenti fasi:

INSTALLAZIONE IN TERRENI (es. rilevati)

- posizionare la cella su uno strato di sabbia di almeno 10 cm ben spianato e costipato;
- posare la cella in modo che i cavi e il tubo idraulico siano indirizzati verso un punto sicuro per le misure e consentendogli un ampio margine di movimento sia in fase di compattazione del rilevato che durante gli eventuali cedimenti. Infine, ricoprire con un ulteriore strato di sabbia per circa 20 cm;
- completare la realizzazione dell'opera.

INSTALLAZIONE IN ROCCIA O SU PARETI

- posizionare la cella sulla parete mediante un primo strato di cemento a presa rapida o simile (avendo cura di spianare bene la superficie di appoggio). Assicurarsi del perfetto ed omogeneo contatto della cella con la parete;
- ricoprire la cella con un ulteriore strato di cemento a presa rapida o simile;
- sistemare i cavi in modo tale che non subiscano danni;
- completare l'installazione della struttura a contatto con la cella di pressione.

INSTALLAZIONE IN CLS

- posizionare la cella sulle armature legandola con fil di ferro o fascette nella posizione prevista da progetto;
- convogliare i cavi verso un punto sicuro per le misure e in modo tale che non subiscano danni;

- eseguire il getto del CLS.

In tutti i casi precedentemente esposti, se necessario, al fine di garantire un'ottima aderenza dei piatti della cella alle pareti di contrasto, può essere indispensabile effettuare un'ulteriore pressurizzazione per mezzo di valvola di compensazione. In tal modo, tramite una specifica pompa, si immetterà ulteriore olio nella cella, aumentandone il volume e quindi l'aderenza.

Una volta che la cella sarà entrata in esercizio, sarà possibile effettuare la misura di zero mediante una centralina portatile o un Datalogger.

Misure

Le misure delle celle di pressione sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. La misura di zero avverrà dopo l'applicazione del carico sulla cella.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di centraline portatili o Datalogger.

La misura avverrà collegando la centralina portatile al cavo di segnale della cella tramite i relativi "coccodrilli" ed appuntando la lettura sul modulo delle misure.

I dati registrati saranno poi elaborati mediante appositi fogli di calcolo e verranno trasformati in valori di carico agente sulla cella, venendo poi diagrammati in un grafico "carico agente – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi alla cella di pressione (nome, posizione rispetto alla struttura, portata della cella, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati dei carichi agenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni dei carichi e sulle possibili cause.

14.5.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;

- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

14.6 MISURA DI CELLA DI CARICO O PRESSIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.040.025** “MISURA DI CELLA DI CARICO O PRESSIONE”

Le specifiche inerenti la misura delle celle di carico e di pressione sono descritte nell'apposita voce “MISURE” presente nei rispettivi paragrafi dei vari strumenti.

Il prezzo è relativo alla misura, successiva a quella di zero, di una singola cella (di qualsiasi tipo) mediante apposita centralina portatile o lettura manometrica.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

15 FESSURIMETRI / MISURATORI DI GIUNTO

I fessurimetri e i misuratori di giunto sono utilizzati per misurare il movimento relativo tra due lembi di una fessura o tra due elementi strutturali posti ad una certa distanza tra loro. Tali strumenti trovano generalmente il loro impiego nella misura di movimenti che avvengono prevalentemente lungo una direzione.

Ci sono vari tipi di fessurimetri, a partire dai modelli più semplici di tipo a piastra (formati sostanzialmente da un vetrino millimetrato e le cui misure si effettuano per lettura visiva diretta), ai modelli di tipo elettrico con sensori di tipo resistivo o a corda vibrante.

In ogni caso le misure consistono nel rilievo dei movimenti in termini di spostamento relativo nel tempo.

Si dovrà prevedere l'installazione dei vari fessurimetri in considerazione del fatto che spesso si è già in presenza di uno stato lesionativo acclarato, e che l'entità dell'apertura di eventuali fessure o dislocazioni strutturali è già di per sé, un sufficiente dato qualitativo sulla salute strutturale dell'opera.

La misura di zero è considerata quella post-installazione e, come per tutti i monitoraggi geotecnici da tale misura per comparazione dipenderanno tutte le successive.

Occorre che l'Affidatario preli la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

15.1 FESSURIMETRO MANUALE A PIASTRA (SIA PIANO CHE ANGOLARE)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.050.001** "FESSURIMETRO MANUALE A PIASTRA (sia piano che angolare)"
- **IG.10.050.015** "MISURA DI FESSURIMETRO/MISURATORE DI GIUNTO DI QUALSIASI TIPO O ESTENSIMETRO A FILO DI QUALSIASI TIPO"

Lo strumento è concepito per la misura dei movimenti lungo le lesioni delle strutture mediante riscontro visivo e dovrà avere un campo di misura minimo pari a ± 10 mm (asse X), ± 10 mm (asse Y) e Precisione Totale pari almeno a 0,5 mm.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

15.1.1 Descrizione

I fessurimetri manuali vengono installati a cavallo di lesioni o giunti di strutture in calcestruzzo o in muratura (o di pareti rocciose) e sono utilizzati per misurare l'entità degli spostamenti prodotti dall'insorgere di problematiche quali cedimenti o stati deformativi.

I fessurimetri a piastra sono formati da due piccole lastre di resina acrilica sovrapposte. Le due piastre sono mobili tra loro ma vincolate ognuna sulla rispettiva porzione della struttura a ridosso della lesione da monitorare. Sulla piastra superiore è inciso un crocifilo mentre su quella inferiore è inciso un reticolo millimetrato.

L'eventuale spostamento dei due lembi della fessura si riflette nel movimento relativo tra le due piastre. È così possibile leggere l'entità di questo spostamento direttamente sul reticolo millimetrato del fessurimetro.

I fessurimetri a piastra manuali possono essere sia di tipo piano che angolare (per misure di porzioni perpendicolari tra loro come, ad esempio, gli angoli).

Caratteristiche tecniche minime

- materiale resina acrilica

- campo di misura minimo ± 10 mm (asse X), ± 10 mm (asse Y)
- precisione totale 0,5 mm

15.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che il fessurimetro sia adeguato alla dimensione dell'apertura della lesione o del giunto e che sia adeguato, in termini di campo di misura, ai possibili spostamenti attesi;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- assicurarsi che la porzione di muro su cui installare il fessurimetro non presenti asperità o eccessive rugosità, in caso contrario levigare le parti o installare lo strumento in un punto più uniforme;
- posizionare la piastra inferiore avendo cura che il centro del reticolo millimetrato corrisponda con il centro della fessura e che l'asse X del reticolo sia disposto perpendicolarmente alla fessura stessa;
- fissare la piastra inferiore mediante tasselli o resina epossidica;
- posizionare la piastra superiore sul lembo opposto della fessura allineandola perfettamente con la piastra inferiore e facendo combaciare i centri del crocefilo con quello del reticolo millimetrato. Fissarla, poi, sempre con tasselli o resina epossidica;
- leggere il valore indicato dal crocefilo sul reticolo millimetrato e segnarlo come misura di zero (se l'installazione è stata eseguita a regola d'arte, tale valore sarà uguale a 0 mm sull'asse X e 0 mm sull'asse Y).

Misure

Le misure dei fessurimetri vengono effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Le misure del fessurimetro a piastra vengono fatte leggendo il valore millimetrico riportato sul reticolo dello strumento secondo le componenti X e Y.

I dati saranno poi inseriti in appositi fogli di calcolo e dalle due componenti X e Y si otterrà il valore della risultante dello spostamento. Tali valori verranno infine diagrammati in un grafico "spostamento – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni degli spostamenti e sulle possibili cause.

15.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

15.2 FESSURIMETRO ELETTRICO O A CORDA VIBRANTE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.050.005** "FESSURIMETRO ELETTRICO O A CORDA VIBRANTE"
- **IG.10.050.015** "MISURA DI FESSURIMETRO/MISURATORE DI GIUNTO DI QUALSIASI TIPO O ESTENSIMETRO A FILO DI QUALSIASI TIPO"

Lo strumento dovrà includere il sensore di temperatura e dovrà avere un campo di misura minimo pari a 0-10 mm e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,3\%$ FS per il fessurimetro elettrico e $\pm 0,5\%$ FS per il fessurimetro a corda vibrante.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

15.2.1 Descrizione

I fessurimetri elettrici vengono installati a cavallo di lesioni o giunti di strutture in calcestruzzo o in muratura (o di pareti rocciose) e sono utilizzati per misurare l'entità degli spostamenti prodotti dall'insorgere di problematiche quali cedimenti o stati deformativi.

I fessurimetri elettrici possono avere un trasduttore di spostamento di tipo potenziometrico oppure a corda vibrante. In entrambi i casi lo strumento è costituito da un cilindro in acciaio inox contenente il trasduttore di spostamento e da un'asta scorrevole, collegata al trasduttore. I due elementi, cilindro in acciaio e asta scorrevole, sono vincolati rispettivamente ai due lati della fessura mediante due ancoraggi provvisti di snodi.

Eventuali allargamenti o restringimenti della fessura vengono seguiti dall'asta e convertiti dal trasduttore in un segnale elettrico. Tale segnale verrà trasformato, mediante fogli di calcolo, in un valore di spostamento.

Questo tipo di fessurimetri consente le misure di spostamento unicamente lungo un'unica componente, è pertanto fondamentale che vengano installati a cavallo della fessura, parallelamente alla direzione di massimo spostamento atteso.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale acciaio inox
- campo di misura minimo 0 – 10 mm
- precisione totale per fessurimetro elettrico $\pm 0,3\%$ FS
- precisione totale per fessurimetro a corda vibrante $\pm 0,5\%$ FS

15.2.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che il fessurimetro sia adeguato alla dimensione dell'apertura della lesione o del giunto e che sia adatto, in termini di campo di misura, ai possibili spostamenti attesi;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile;
- effettuare una lettura pre-installazione ed appuntare il valore.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- assicurarsi che la porzione di muro su cui installare il fessurimetro non presenti asperità o eccessive rugosità, in caso contrario levigare le parti o installare lo strumento in un punto più uniforme;

- posizionare lo strumento a cavallo della fessura e distendere l'asta per una lunghezza tale da consentire di registrare anche una eventuale chiusura della fessura (verificare il valore mediante la centralina di misura) e contrassegnare i punti in cui eseguire i fori per i due ancoraggi;
- eseguire i fori e inserire gli ancoraggi, composti generalmente da tasselli. In caso di installazioni su murature poco compatte, se necessario, riempire i fori mediante resine epossidiche o colle bicomponenti e poi inserirvi i perni degli ancoraggi;
- ad installazione ultimata (nel caso di utilizzo di resine o bicomponenti assicurarsi dell'avvenuta presa) eseguire la misura di zero mediante centralina portatile.

Misure

Le misure dei fessurimetri vengono effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Le misure del fessurimetro elettrico o a corda vibrante vengono effettuate mediante l'utilizzo di una centralina portatile o di un Datalogger.

I dati saranno poi inseriti in appositi fogli di calcolo e trasformati in valori di spostamento lungo la componente longitudinale all'asse del fessurimetro. Tali valori verranno infine diagrammati in un grafico "spostamento – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni degli spostamenti e sulle possibili cause.

15.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;

- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

15.3 ESTENSIMETRO A FILO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.050.010** “ESTENSIMETRO A FILO”
- **IG.10.050.015** “MISURA DI FESSURIMETRO/MISURATORE DI GIUNTO DI QUALSIASI TIPO O ESTENSIMETRO A FILO DI QUALSIASI TIPO”

Lo strumento è concepito per la misura dei movimenti tra due punti distanti anche diversi metri (in genere fino a 10m). Lo strumento dovrà includere il sensore di temperatura e dovrà avere un campo di misura minimo pari a 25mm e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,5\%$ FS.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. filo in acciaio o KEVLAR).

15.3.1 Descrizione

Gli estensimetri a filo vengono installati per misurare i movimenti relativi tra due punti posti a distanze anche di alcuni metri tra loro e sono quindi utilizzati per misurare l'entità degli spostamenti prodotti dall'insorgere di problematiche quali cedimenti o stati deformativi.

Come per i fessurimetri elettrici, anche gli estensimetri a filo possono avere un trasduttore di spostamento di tipo potenziometrico oppure a corda vibrante. In entrambi i casi lo strumento è costituito da un cilindro in acciaio inox (contenente il trasduttore di spostamento) montato su una piastra in acciaio, e da un'asta scorrevole collegata al trasduttore. L'asta scorrevole è poi collegata ad un ancoraggio a tassello mediante un cavo in acciaio o KEVLAR. La piastra su cui è posto il corpo centrale in acciaio inox è fissata, mediante tasselli, ad uno dei due elementi da monitorare e l'asta scorrevole, tramite il tassello posto all'estremità del cavo, viene fissata all'altro elemento. La presenza di un piccolo snodo a carrucola sulla piastra dell'estensimetro, consente di direzionare il cavo anche con un angolo di 90° rispetto alla piastra dello strumento.

Eventuali allargamenti o restringimenti tra i due punti vengono seguiti dall'asta e convertiti dal trasduttore in un segnale elettrico. Tale segnale verrà trasformato, mediante fogli di calcolo, in un valore di spostamento.

Questo tipo di estensimetri consente le misure di spostamento unicamente lungo un'unica componente, è pertanto fondamentale che vengano installati a cavallo della fessura, parallelamente alla direzione di massimo spostamento atteso.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale del corpo acciaio inox
- materiale filo acciaio o KEVLAR
- campo di misura 0 - 25 mm
- precisione totale $\pm 0,5\%$ FS

15.3.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che l'estensimetro a filo sia adeguato alla distanza tra i due punti da monitorare e che sia adatto, in termini di campo di misura, ai possibili spostamenti attesi;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile;
- effettuare una lettura pre-installazione ed appuntare il valore.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- assicurarsi che la porzione di muro su cui installare l'estensimetro a filo non presenti asperità o eccessive rugosità, in caso contrario levigare le parti o installare lo strumento in un punto più uniforme;
- posizionare la piastra del corpo strumento sul primo punto di installazione in modo tale che l'uscita del filo corrisponda alla direzione del secondo punto di installazione e contrassegnare i punti in cui eseguire i fori del primo ancoraggio;
- fissare la piastra mediante i tasselli in dotazione;
- regolare il corpo in acciaio sulla piastra portandolo a metà della sua corsa (tale operazione servirà per regolare il tirantaggio dell'estensimetro a fine installazione);
- collocarsi sul secondo punto di installazione e inserire il tassello sul secondo elemento da monitorare. Stendere il filo esercitando una trazione necessaria a distendere l'asta per una

lunghezza tale da consentire di registrare anche una eventuale chiusura dello spazio tra i due elementi (verificare il valore con la centralina);

- disassemblare l'estremità del filo dal suo nottolino e mantenendo il filo in tensione segnare con un pennarello sul filo il punto di contatto con la parete e tagliare il filo di poco sopra quel punto;
- riassemblare con un nodo il filo al suo nottolino e avvitare il nottolino al tassello preinstallato;
- verificare se è stato mantenuto l'allungamento dell'asta precedentemente applicato. In caso contrario spostare il corpo in acciaio sulla piastra per riportare l'asta in tensione;
- ad installazione ultimata eseguire la misura di zero mediante centralina portatile.

Misure

Le misure degli estensimetri a filo vengono effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Le misure dell'estensimetro a filo vengono effettuate mediante l'utilizzo di una centralina portatile o di un Datalogger.

I dati saranno poi inseriti in appositi fogli di calcolo e trasformati in valori di spostamento lungo la componente longitudinale all'asse dello strumento. Tali valori verranno infine diagrammati in un grafico "spostamento – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, data della misura di zero, lunghezze, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni degli spostamenti e sulle possibili cause.

15.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);

- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, lunghezze, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

15.4 MISURA DI FESSURIMETRO/MISURATORE DI GIUNTO DI QUALSIASI TIPO O ESTENSIMETRO A FILO DI QUALSIASI TIPO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.050.015** “MISURA DI FESSURIMETRO/MISURATORE DI GIUNTO DI QUALSIASI TIPO O ESTENSIMETRO A FILO DI QUALSIASI TIPO”

Le specifiche inerenti la misura di fessurimetri/misuratori di giunto e degli estensimetri a filo sono descritte nell'apposita voce “MISURE” presente nei rispettivi paragrafi dei vari strumenti.

Il prezzo è relativo alla misura, successiva a quella di zero, di un singolo strumento mediante apposita centralina portatile o lettura manuale o visiva.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

16 CLINOMETRI DA PARETE / TILTMETRI

I clinometri da parete sono utilizzati per la misura di inclinazione di opere civili e pareti rocciose. Tali strumenti permettono di registrare le variazioni angolari delle strutture fornendo utili indicazioni riguardanti i movimenti rotazionali delle stesse. La misura può essere sia di tipo puntuale (mediante l'utilizzo dei clinometri o delle piastre clinometriche) che relativa ad una porzione della struttura (utilizzando dei clinometri a barra).

Ci sono vari tipi di clinometri, ed i sensori al loro interno possono essere sia di tipo servoaccelerometrico biassiale che di tipo MEMS. In alcuni casi, soprattutto laddove il punto di installazione sia facilmente raggiungibile, è possibile l'installazione di specifiche piastre clinometriche in ottone. Tali piastre, di facile installazione, sono solidarizzate alla struttura e vengono lette mediante tiltmetri portatili collegati ad una centralina di misura.

I clinometri sono generalmente previsti per installazioni su strutture verticali. È tuttavia possibile installare i clinometri anche orizzontalmente, assicurandosi però che il prodotto sia compatibile a tale posizionamento.

Si dovrà prevedere l'installazione dei clinometri da parete in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure *ante operam* (laddove vi sia interferenza tra la struttura da monitorare e l'opera da realizzarsi). In tale fase, nella quale le deformazioni possono essere nulle o, comunque limitate, verrà eseguita la misura di zero, dalla quale dipenderanno poi tutte le misure successive.

La misura di zero è considerata quella post-installazione e, come per tutti i monitoraggi geotecnici, da tale misura dipenderanno, per comparazione, tutte le successive.

Occorre che l'Affidatario preli la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

16.1 CLINOMETRO FISSO BIASSIALE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.060.001** "CLINOMETRO FISSO BIASSIALE"
- **IG.10.060.015** "MISURA DI CLINOMETRO (di qualsiasi tipo)"

Lo strumento dovrà includere il sensore di temperatura e dovrà avere un campo di misura minimo pari a $\pm 2,5^\circ$ e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,3\%$ FS.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. PIASTRA DI FISSAGGIO).

16.1.1 Descrizione

Il clinometro fisso da parete permette di valutare i movimenti della struttura a cui è vincolato mediante misure di variazione angolare. Lo strumento è di tipo biassiale consentendo così di individuare non solo l'entità ma anche la direzione degli eventuali spostamenti.

Lo strumento utilizza un sensore biassiale di tipo servoaccelerometrico o MEMS. Tali tecnologie consentono di registrare anche minime variazioni di inclinazione delle strutture su cui viene posto in opera. Il segnale viene trasmesso tramite un cavo alla centralina di misura, e i dati vengono elaborati mediante fogli di calcolo e trasformati in valori angolari.

Il clinometro fisso da parete è montato su una apposita piastra che viene fissata al punto della struttura da monitorare. Tale punto di installazione è generalmente verticale; è tuttavia possibile installare i clinometri anche orizzontalmente, assicurandosi però che il prodotto sia compatibile a tale posizionamento. Più strumenti, installati sulla stessa struttura, possono misurare tutte le eventuali inclinazioni, in termini di entità e direzione, che l'opera potrebbe subire.

In aggiunta al sensore deputato alla misura angolare, i clinometri da parete possono essere dotati di sensore di temperatura. La misura della temperatura permette di valutare eventuali derive termiche dello strumento.

Caratteristiche tecniche minime

- | | |
|--------------------------|-----------------|
| • materiale | acciaio inox |
| • sensore | biassiale |
| • campo di misura minimo | $\pm 2,5^\circ$ |
| • precisione totale | $\pm 0,3\%$ FS |
| • classe di protezione | IP67 |

16.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento sia adeguato, in termini di campo di misura, alle possibili variazioni angolari attese;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- assicurarsi che la porzione di muro su cui installare lo strumento non presenti asperità o eccessive rugosità, in caso contrario levigare le parti o installare lo strumento in un punto più uniforme;
- assicurarsi di installare il clinometro su un punto il più possibile verticale (o orizzontale, a seconda dei casi);

- posizionare la piastra sulla parete avendo cura di ruotarla nel giusto verso di installazione e controllare con una livella il perfetto allineamento orizzontale e verticale di tutte le sue componenti. Quindi contrassegnare i punti in cui eseguire i fori;
- eseguire i fori sulla parete e applicare la piastra con gli appositi tasselli;
- successivamente al serraggio della piastra applicare alla stessa il clinometro mediante le apposite viti serrandolo leggermente. In tale fase è fondamentale assicurarsi di posizionare il clinometro nel giusto verso (di solito l'uscita del cavo di segnale è rivolta verso il basso);
- regolare, controllando con una livella, il clinometro sulla piastra mediante le guide. Ottenuta la perfetta verticalità serrare le viti;
- sistemare il cavo di segnale portandolo in un punto sicuro e di facile accesso alle letture;
- ad installazione ultimata eseguire la misura di zero mediante centralina portatile.

Misure

Le misure in esercizio dei clinometri fissi verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Le misure vengono effettuate mediante l'utilizzo di una centralina portatile o di un Datalogger.

I dati saranno poi inseriti in appositi fogli di calcolo e trasformati in valori di inclinazione lungo le due componenti e, quindi, dell'inclinazione risultante. Tali valori verranno infine diagrammati in un grafico "variazione angolare – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati della variazione angolare nel tempo e della variazione della temperatura nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di inclinazione e sulle possibili cause.

16.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;

- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

16.2 PIASTRA CLINOMETRICA REMOVIBILE IN OTTONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.060.005** "PIASTRA CLINOMETRICA REMOVIBILE IN OTTONE"
- **IG.10.060.015** "MISURA DI CLINOMETRO (di qualsiasi tipo)"

La voce si riferisce alla fornitura e posa in opera della sola piastra clinometrica in ottone da misurare mediante clinometro portatile (tiltmetro). Non è inclusa la fornitura del tiltmetro portatile.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

16.2.1 Descrizione

La piastra clinometrica in ottone è utilizzata per valutare i movimenti della struttura a cui è vincolata mediante misure di variazione angolare effettuate con tiltmetro portatile. Il tiltmetro, poggiato sulla piastra, consente di individuare non solo l'entità ma, in alcuni casi, anche la direzione degli eventuali spostamenti.

La piastra può essere installata sia verticalmente che orizzontalmente; infatti il telaio del tiltmetro portatile è concepito per essere appoggiato alla piastra clinometrica restando sempre in posizione verticale. Sulle superfici orizzontali si possono ottenere misure in due direzioni semplicemente ruotando lo strumento di 90°, mentre sulle pareti verticali si possono eseguire misure in una sola direzione. Il tiltmetro portatile utilizza un sensore di tipo servoaccelerometrico o MEMS. Tali tecnologie consentono di registrare anche minime variazioni di inclinazione delle strutture su cui viene utilizzato. Il segnale viene trasmesso ad una centralina di misura portatile e i dati vengono elaborati mediante fogli di calcolo e trasformati in valori angolari.

Le piastre clinometriche sono usate laddove è possibile l'accesso alle misure dirette e laddove siano previste delle frequenze di lettura più blande.

Una o più piastre, installate sulla stessa struttura, possono consentire di misurare tutte le eventuali inclinazioni, in termini di entità e direzione, che l'opera potrebbe subire. Per il monitoraggio degli spigoli dei

fabbricati è opportuna l'installazione in verticale di almeno due piastre, al fine di monitorare la variazione angolare lungo le due componenti.

Caratteristiche tecniche minime

- PIASTRA
 - materiale ottone
 - tipo di misura a battuta con tiltmetro portatile
- TILTMETRO PORTATILE
 - campo di misura minimo $\pm 15^\circ$
 - precisione totale $\pm 0,06\%$ FS
 - classe di protezione IP67
 - temperatura di esercizio $- 30^\circ / + 70^\circ$

16.2.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento sia adeguato, in termini di campo di misura, alle possibili variazioni angolari attese;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- assicurarsi che la porzione di muro su cui installare lo strumento non presenti asperità o eccessive rugosità, in caso contrario levigare le parti o installare lo strumento in un punto più uniforme;
- assicurarsi di installare la piastra su un punto il più possibile verticale (o orizzontale, a seconda dei casi);
- posizionare la piastra sulla parete avendo cura di controllare con una livella il perfetto allineamento orizzontale e verticale dei nottoli di battuta. Quindi contrassegnare i punti in cui eseguire i fori;
- eseguire i fori sulla parete e applicare la piastra con gli appositi tasselli;
- ad installazione ultimata eseguire la misura di zero mediante tiltmetro portatile e centralina portatile.

Misure

Le misure in esercizio verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta “misura di zero” con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell’installazione dello strumento.

Le misure vengono effettuate mediante l’utilizzo di un clinometro portatile (tiltmetro) e di una centralina portatile secondo le seguenti fasi:

- PER PIASTRE VERTICALI
 - poggiare il tiltmetro (collegato alla centralina di misura) sulla piastra portandolo a battuta sui nottoli di riscontro della piastra stessa ed appuntare la lettura sul modulo delle misure;
 - ruotare di 180° il tiltmetro e ripetere l’operazione. In tal modo si avrà una lettura diretta ed una coniugata;
 - se necessario ripetere la lettura fino ad ottenere una misura omogenea;
 - i dati verranno poi elaborati mediante fogli di calcolo e mediati, permettendo di ottenere il valore di inclinazione della piastra;
 - i valori verranno infine diagrammati in un grafico “variazione angolare – tempo”.
- PER PIASTRE ORIZZONTALI
 - poggiare il tiltmetro (collegato alla centralina di misura) sulla piastra portandolo a battuta sui nottoli di riscontro della piastra stessa ed appuntare la lettura sul modulo delle misure;
 - ruotare di 180° il tiltmetro e ripetere l’operazione. In tal modo si avrà una lettura diretta ed una coniugata;
 - se necessario ripetere la lettura fino ad ottenere una misura omogenea;
 - ripetere la lettura diretta e coniugata ruotando il tiltmetro di 90° rispetto alla componente precedentemente misurata ed appuntare i relativi valori;
 - i dati verranno poi elaborati mediante fogli di calcolo e mediati, permettendo di ottenere il valore di inclinazione della piastra lungo le due componenti e, quindi, dell’inclinazione risultante;
 - i valori verranno infine diagrammati in un grafico “variazione angolare – tempo”.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati della variazione angolare nel tempo;
- note o problematiche varie;

- considerazioni inerenti le variazioni di inclinazione e sulle possibili cause.

16.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

16.3 CLINOMETRO A BARRA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.060.010** "CLINOMETRO A BARRA"
- **IG.10.060.015** "MISURA DI CLINOMETRO (di qualsiasi tipo)"

Lo strumento dovrà includere il sensore di temperatura e dovrà avere un campo di misura minimo pari a $\pm 5^\circ$ e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,2\%$ FS.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. KIT DI FISSAGGIO E STAFFE).

Il prezzo è inteso come insieme "clinometro + barra di supporto", e di qualsiasi lunghezza della barra. La lunghezza della barra (1 m, 2 m, o 3 m) sarà concordata di volta in volta.

16.3.1 Descrizione

Il clinometro a barra consiste in un clinometro fisso da parete montato su una barra di varia lunghezza (1 m, 2 m o 3 m). Analogamente al clinometro fisso da parete, permette di valutare i movimenti della struttura a cui è vincolato mediante misure di variazione angolare. Tuttavia anziché restituire un valore di variazione

angolare puntuale, la presenza della barra permette di valutare l'inclinazione di una porzione di parete più estesa (a seconda della lunghezza della barra).

Lo strumento utilizza un sensore di tipo servoaccelerometrico o MEMS. Tali tecnologie consentono di registrare anche minime variazioni di inclinazione delle strutture su cui viene posto in opera. Il segnale viene trasmesso tramite un cavo alla centralina di misura, e i dati vengono elaborati mediante fogli di calcolo e trasformati in valori angolari.

L'installazione della barra sulla parete può essere sia verticale che orizzontale. Più strumenti, installati sulla stessa struttura, possono misurare quindi tutte le eventuali inclinazioni, in termini di entità e direzione, che l'opera potrebbe subire.

In aggiunta al sensore deputato alla misura angolare, i clinometri a barra possono essere dotati di sensore di temperatura. La misura della temperatura permette di valutare eventuali derive termiche dello strumento.

Caratteristiche tecniche minime

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| • materiale clinometro | acciaio inox |
| • materiale barra | alluminio |
| • sensore | monoassiale o biassiale |
| • campo di misura minimo | $\pm 5^\circ$ |
| • precisione totale | $\pm 0,2\%$ FS |
| • classe di protezione | IP67 |

16.3.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento sia adeguato, in termini di campo di misura, alle possibili variazioni angolari attese e che la lunghezza della barra sia adeguata alla porzione di opera che si vuole monitorare;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- assicurarsi che la porzione di muro su cui installare lo strumento non presenti asperità o eccessive rugosità, in caso contrario levigare le parti o installare lo strumento in un punto più uniforme;

- assicurarsi di installare la barra su un punto il più possibile verticale (o orizzontale, a seconda dei casi);
- posizionare la barra sulla parete avendo cura di ruotarla nel giusto verso di installazione e controllare con una livella il perfetto allineamento orizzontale e verticale di tutte le sue componenti. Quindi contrassegnare i punti in cui eseguire i fori;
- eseguire i fori sulla parete e applicare la barra con gli appositi tasselli;
- successivamente al serraggio della barra applicare alla stessa il clinometro mediante le apposite viti serrandolo leggermente. In tale fase è fondamentale assicurarsi di posizionare il clinometro nel giusto verso (di solito l'uscita del cavo di segnale è rivolta verso il basso);
- regolare, controllando con una livella, il clinometro sulla barra mediante le guide. Ottenuta la perfetta verticalità serrare le viti;
- sistemare il cavo di segnale portandolo in un punto sicuro e di facile accesso alle letture;
- ad installazione ultimata eseguire la misura di zero mediante centralina portatile.

Misure

Le misure in esercizio dei clinometri a barra verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Le misure vengono effettuate mediante l'utilizzo di una centralina portatile o di un Datalogger.

I dati saranno poi inseriti in appositi fogli di calcolo e trasformati in valori di inclinazione. Tali valori verranno infine diagrammati in un grafico "variazione angolare – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati della variazione angolare nel tempo e della variazione di temperatura nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di inclinazione e sulle possibili cause.

16.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;

- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

16.4 MISURA DI CLINOMETRO (DI QUALSIASI TIPO)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.060.015** “MISURA DI CLINOMETRO (di qualsiasi tipo)”

Le specifiche inerenti la misura dei vari clinometri/tiltmetri sono descritte nell'apposita voce “MISURE” presente nei rispettivi paragrafi dei vari strumenti.

Il prezzo è relativo alla misura, successiva a quella di zero, di un singolo strumento mediante apposita centralina portatile o tiltmetro portatile.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

17 PENDOLI / COORDINOMETRI

I pendoli sono strumenti utilizzati per misurare i movimenti orizzontali di strutture di una certa altezza, quali dighe in calcestruzzo, palazzi, torri e campanili.

I pendoli possono essere sia dritti che rovesci. Nel primo caso si possono misurare i movimenti orizzontali della struttura stessa (ancorando il pendolo alla sommità della stessa), mentre con i pendoli rovesci si possono misurare i movimenti orizzontali della struttura rispetto al terreno.

Il pendolo dritto è costituito da un cavo di acciaio ancorato superiormente alla struttura da monitorare, tenuto in tensione da una massa. Rilevando la posizione del filo nel piano orizzontale, mediante strumenti detti coordinometri, è possibile seguire i movimenti nel tempo e quindi avere la misura degli spostamenti fra il punto di ancoraggio del filo ed il punto in cui viene rilevata la misura.

Nel pendolo rovescio, invece, il cavo è ancorato nel terreno di fondazione ed è tenuto in tensione mediante un galleggiante posizionato in un serbatoio riempito di fluido che serve anche a smorzare le vibrazioni del filo.

Gli strumenti per la misura dei pendoli si chiamano coordinometri e possono essere sia di tipo portatile removibile, che fissi.

Si dovrà prevedere l'installazione dei pendoli e dei relativi coordinometri in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure ante operam (laddove vi sia interferenza tra la struttura da monitorare e l'opera da realizzarsi). In tale fase, nella quale le deformazioni possono essere nulle o, comunque limitate, verrà eseguita la misura di zero, dalla quale dipenderanno poi tutte le misure successive.

La misura di zero è considerata quella post-installazione e, come per tutti i monitoraggi geotecnici, da tale misura dipenderanno, per comparazione, tutte le successive.

Occorre che l'Affidatario preli la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

17.1 PENDOLO DRITTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.070.001** "PENDOLO DRITTO"
- **IG.10.070.010** "MISURA DI COORDINOMETRO (di qualsiasi tipo)"

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. KIT DI FISSAGGIO, ANCORAGGI, OLIO, ecc.).

Il cavo in acciaio per la sospensione del pendolo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

17.1.1 Descrizione

Il pendolo diritto è uno strumento pensato per l'installazione su strutture alte e delle quali permette di valutare i movimenti, mediante misure di spostamento sul piano orizzontale, con il principio del filo a piombo.

Il pendolo diritto è costituito da un cavo di acciaio ancorato superiormente alla struttura da monitorare, tenuto in tensione da un peso inserito in un serbatoio in cui un liquido (generalmente olio minerale) ne smorza le vibrazioni. Rilevando la posizione del filo nel piano orizzontale, mediante strumenti detti coordinometri, secondo un sistema d'assi di riferimento, è possibile seguire i movimenti nel tempo e quindi

avere la misura degli spostamenti fra il punto di ancoraggio del filo ed il punto in cui viene rilevata la misura.

In base alle diverse esigenze di installazione si possono installare i pendoli dritti o ancorandoli direttamente al soffitto o ancorandoli ad un'apposita mensola a sbalzo che sarà a sua volta vincolata sulla sommità della parete della struttura.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale del serbatoio acciaio inox
- materiale del cavo acciaio
- diametro del cavo 2 mm
- peso del tensionatore 30 kg

17.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento sia adeguato alla struttura su cui installarlo;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare che alla base della struttura, dove sarà collocato il serbatoio, vi sia un ambiente pulito e adatto a contenere la strumentazione;
- accertare con la massima cura il punto di installazione più adeguato, sia rispetto alla porzione di opera da monitorare, sia rispetto agli spazi a terra.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- installare l'ancoraggio superiore del pendolo vincolandolo direttamente al soffitto o vincolandolo ad un'apposita mensola, a sua volta installata alla parete della struttura. Per fissare l'ancoraggio superiore bisognerà segnare con cura il punto in cui, partendo da terra e mantenendo la verticalità, finirà il cavo di sospensione;
- assicurarsi che la porzione di muro su cui installare l'ancoraggio superiore o l'eventuale mensola non presenti asperità o eccessive rugosità, in caso contrario levigare le parti o installare lo strumento in un punto più uniforme;
- tagliare il filo in acciaio poco più del necessario;
- far passare il filo nell'ancoraggio e calarlo con l'aiuto di un pesetto fino a terra. Dopodiché serrarlo avendo cura di lasciare uno spezzone aggiuntivo di cavo in avanzo per eventuali regolazioni;
- posizionare il serbatoio alla base con il peso nel centro;

- montare il coperchio sul peso e agganciare il tensionatore. Quindi serrare con forza;
- unire tramite l'apposito morsetto il cavo al coperchio del serbatoio e serrare bene le viti;
- tensionare il filo tramite l'apposito tenditore;
- eventualmente regolare la lunghezza del filo agendo sull'ancoraggio superiore;
- con il peso fermo, fissare il serbatoio al pavimento controllando che sia a livello;
- riempire il serbatoio con il liquido scelto;
- installare, infine il supporto per il coordinometro necessario alle misure;
- creare una zona di protezione intorno al sistema serbatoio mediante opportuna segnaletica;
- ad installazione ultimata eseguire la misura di zero mediante coordinometro portatile o installando un coordinometro fisso.

Misure

Le misure in esercizio dei pendoli verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento quando sia accertata l'avvenuta stabilizzazione del sistema.

Le misure vengono effettuate mediante l'utilizzo di coordinometri portatili o fissi.

I dati saranno poi elaborati ed i valori verranno diagrammati in un grafico "spostamento – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, quote delle varie componenti, lunghezza del cavo, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di inclinazione e sulle possibili cause.

17.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;

- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

17.2 COORDINOMETRO FISSO (SIA OTTICO CHE TELECOORDINOMETRO)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.070.005** “COORDINOMETRO FISSO (sia ottico che telecoordinometro)”
- **IG.10.070.010** “MISURA DI COORDINOMETRO (di qualsiasi tipo)”

I parametri strumentali dovranno essere: campo di misura minimo pari a ± 75 mm e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,1\%$ FS per il Coordinometro Ottico e campo di misura minimo pari a 0 - 60 mm e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,015$ mA per il Telecoordinometro.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

17.2.1 Descrizione

Il coordinometro è uno strumento utilizzato per misurare le coordinate sul piano orizzontale dei pendoli dritti e rovesci.

I coordinometri possono essere sia di tipo ottico che automatici.

COORDINOMETRI OTTICI

Utilizzati per misure manuali, possono essere usati sia in modalità removibile che installati fissi. In ogni caso la misura verrà effettuata leggendo i valori di spostamento del filo a piombo su un apposito comparatore centesimale posto al di sopra del coordinometro. Le coordinate del cavo in acciaio dei pendoli vengono rilevate tramite una coppia di fotocellule installate su un'unità mobile ad alta precisione. Lo strumento deve essere posizionato su un apposito supporto preinstallato al di sopra o al di sotto del serbatoio (a seconda che venga utilizzato per leggere rispettivamente un pendolo dritto o rovescio).

Le letture verranno appuntate di volta in volta su un modulo di misura e poi elaborate, mediante fogli di calcolo. I valori di spostamento rispetto al piano orizzontale verranno infine diagrammati in un grafico “spostamento – tempo” e, conoscendo l'altezza della struttura e le quote di installazione delle varie componenti del pendolo, si potrà conoscere la variazione angolare relativa della struttura rispetto al terreno.

TELECOORDINOMETRI

Utilizzati per effettuare letture automatiche con possibilità di remotizzazione del dato. Il principio di misura è sempre di tipo ottico, ma è caratterizzato da un'alta risoluzione e da funzioni di auto-diagnostica per la validazione di misurazioni attraverso un software incorporato. Le coordinate del cavo in acciaio dei

pendoli vengono rilevate tramite una coppia di fotocellule installate su un'unità mobile ad alta precisione. Lo strumento deve essere posizionato su un apposito supporto preinstallato al di sopra o al di sotto del serbatoio (a seconda che venga utilizzato per leggere rispettivamente un pendolo dritto o rovescio).

Le letture potranno essere effettuate o con apposite centraline portatili, o potranno essere scaricate mediante pc direttamente sul posto (utilizzando un collegamento via cavo) oppure potranno essere inviate in remoto ad un'unità di acquisizione ed elaborazione del dato. I valori di spostamento rispetto al piano orizzontale verranno infine diagrammati in un grafico "spostamento - tempo" e, conoscendo l'altezza della struttura e le quote di installazione delle varie componenti del pendolo, si potrà conoscere la variazione angolare relativa della struttura rispetto al terreno.

Caratteristiche tecniche minime

- COORDINOMETRO OTTICO
 - campo di misura ± 75 mm
 - precisione totale $\pm 0,1\%$ FS
 - temperatura di esercizio $- 20^\circ / + 60^\circ$
 - grado di protezione IP67
- TELECOORDINOMETRO
 - campo di misura 0 – 60 mm
 - precisione totale $\pm 0,015$ mA
 - temperatura di esercizio $- 10^\circ / + 60^\circ$
 - grado di protezione IP68

17.2.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità e che sia perfettamente funzionante;
- installare l'apposita staffa di sostegno del coordinometro al di sopra del coperchio del pendolo (in caso di pendolo dritto).

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- installare lo strumento sulla piastra di supporto secondo le specifiche tecniche indicate dai diversi produttori;
- assicurarsi che lo strumento sia installato orizzontalmente e perfettamente in bolla;

- effettuare la misura di zero con comparatore centesimale per i coordinometri ottici o con la centralina di misura per i telecoordinometri.

Misure

Le misure in esercizio mediante coordinometri verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta “misura di zero” con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell’installazione dello strumento quando sia accertata l’avvenuta stabilizzazione del sistema.

Le misure con coordinometri ottici fissi verranno effettuate leggendo di volta in volta il valore riportato sul comparatore centesimale installato sul coordinometro. I dati saranno poi elaborati ed i valori verranno diagrammati in un grafico “spostamento – tempo” e “variazione angolare – tempo”.

Le misure con telecoordinometri verranno effettuate o con apposite centraline portatili, o potranno essere scaricate mediante pc direttamente sul posto (utilizzando un collegamento via cavo) oppure potranno essere inviate in remoto ad un’unità di acquisizione ed elaborazione del dato. I dati saranno poi elaborati ed i valori verranno diagrammati in un grafico “spostamento – tempo” e “variazione angolare – tempo”.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi al coordinometro e al pendolo (nome, posizione rispetto alla struttura, quote delle varie componenti, lunghezza del cavo, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo e delle variazioni angolari nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di inclinazione e sulle possibili cause.

17.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, dati del pendolo, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

17.3 MISURA DI COORDINOMETRO (DI QUALSIASI TIPO)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.070.010** "MISURA DI COORDINOMETRO (di qualsiasi tipo)"

Le specifiche inerenti la misura dei vari coordinometri sono descritte nell'apposita voce "MISURE" presente nei rispettivi paragrafi dei vari strumenti.

La voce si riferisce a letture effettuate in manuale o con apposita centralina portatile.

Il prezzo è relativo alla misura dello spostamento, successiva a quella di zero, per ogni singolo pendolo.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

18 SENSORI DI TEMPERATURA / TERMOMETRI

I termometri sono utilizzati per misurare la variazione di temperatura delle strutture in contesti in cui siano previste forti escursioni termiche. I termometri possono essere anche associati ad installazioni di altri strumenti non dotati di sensore di temperatura. È possibile, in tal modo, correggere eventuali derive termiche di altri strumenti di monitoraggio.

In alcuni casi è possibile installare tutta una serie di sensori di temperatura a creare delle vere e proprie catene termometriche. Tali catene possono essere installate sia in foro che fissate alle armature e annegate nel calcestruzzo (ad esempio in diaframmi, pali o solai).

Ci sono vari tipi di sensori di temperatura, i più diffusi sono quelli con tecnologia a termistore e quelli a termoresistenza.

La misura di zero è considerata quella post-installazione.

Occorre che l'Affidatario prenda la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

18.1 SENSORE DI TEMPERATURA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.080.001 "SENSORE DI TEMPERATURA".
- IG.10.080.001.a "per ogni termometro a termoresistenza".
- IG.10.080.001.b "per ogni termometro a termistore".
- IG.10.080.005 "MISURA DI SENSORE DI TEMPERATURA (di qualsiasi tipo)".

Da installare all'interno di un foro realizzato all'interno della struttura da monitorare (o gettato nel CLS).

Lo strumento dovrà avere un campo di misura minimo pari a $-20^{\circ}\text{C} + 80^{\circ}\text{C}$ e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. sigillatura del foro con resina bicomponente, ecc.).

18.1.1 Descrizione

I termometri sono utilizzati per misurare la temperatura all'interno delle strutture. Sono installati o mediante realizzazione di un foro nella struttura e successivo riempimento con resina bicomponente (o similare), o direttamente annegati nel calcestruzzo.

L'applicazione dei sensori di temperatura è necessaria in contesti in cui siano previste forti escursioni termiche o in associazione ad altri strumenti non dotati di sensore di temperatura. Tramite le misure di temperatura è così possibile compensare eventuali errori legati alla temperatura di altri strumenti di monitoraggio.

I sensori di temperatura sono realizzati principalmente con tecnologia a termistori o a termoresistenza (ma ne esistono anche con tecnologia a corda vibrante). Il sensore vero e proprio è contenuto all'interno di un corpo cilindrico in acciaio inox e collegato ad un cavo di segnale.

La tecnologia a termistori è basata sull'utilizzo di resistori sensibili alla temperatura (rame o platino) in grado di mutare la propria resistenza elettrica in funzione della temperatura.

La tecnologia a termoresistenza è basata, invece, sul principio della variazione della temperatura entro 2 metalli diversi. Il modello più diffuso è il PT100 che utilizza un filo di platino.

Il segnale emesso viene trasmesso mediante un cavo di segnale e letto mediante una centralina portatile o un Datalogger.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale acciaio inox
- sensore termistore o termoresistenza
- campo di misura minimo - 20°C / + 80°C
- precisione totale $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
- risoluzione 0,1°C
- classe di protezione IP68

18.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- per installazioni su armature, posizionare il termometro con il cavo di segnale rivolto in direzione di un punto sicuro e di facile accesso alle letture e poi eseguire il getto del calcestruzzo. Infine leggere sulla centralina il valore di temperatura per verificare la perfetta funzionalità del sensore;
- per installazioni su strutture già realizzate, eseguire un foro con un trapano, di dimensioni adeguate all'inserimento del termometro;
- inserire il termometro all'interno del foro e successivamente sigillare il foro iniettando all'interno una resina epossidica (o similare);
- leggere sulla centralina il valore di temperatura per verificare la perfetta funzionalità del sensore.

A prescindere dal tipo di installazione, la misura di zero verrà effettuata a seguito dell'avenuta consolidazione del calcestruzzo o della resina epossidica.

Misure

Le misure in esercizio dei sensori di temperatura verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al

termine dell'installazione dello strumento (laddove sia accertata la consolidazione di eventuali getti in cls o di resine epossidiche).

Le misure vengono effettuate mediante l'utilizzo di una centralina portatile o di un Datalogger.

I dati saranno poi inseriti in appositi fogli di calcolo e trasformati in valori di temperatura. Tali valori verranno infine diagrammati in un grafico "variazione di temperatura – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati della variazione di temperatura nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di temperatura e sulle possibili cause.

18.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

18.2 MISURA DI SENSORE DI TEMPERATURA (DI QUALSIASI TIPO)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.080.005** "MISURA DI SENSORE DI TEMPERATURA (di qualsiasi tipo)"

Le specifiche inerenti la misura dei vari termometri sono descritte nell'apposita voce "MISURE" presente nel rispettivo paragrafo dei vari strumenti.

La voce si riferisce a letture effettuate con apposita centralina portatile.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

19 ANCORAGGI PER MISURE CON DISTOMETRO A NASTRO

I distometri a nastro (o estensimetri a nastro) sono utilizzati per misurare i movimenti relativi fra due punti distanti fra loro.

L'utilizzo più frequente è quello legato alle misure di convergenza in galleria. All'intorno della sezione di galleria vengono installati degli ancoraggi (di solito in corrispondenza di calotta, reni e piedritti).

Generalmente alle misure di convergenza con distometro a nastro si può associare un monitoraggio di tipo topografico, mediante l'installazione di target o mire ottiche da leggere con Stazione Totale fissa o mobile.

Si dovrà prevedere l'installazione degli ancoraggi in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure preliminari (laddove vi sia interferenza tra la struttura da monitorare e l'opera da realizzarsi). In tale fase, nella quale le deformazioni possono essere nulle o, comunque limitate, verrà eseguita la misura di zero, dalla quale dipenderanno poi tutte le misure successive.

La misura di zero è considerata quella post-installazione e, come per tutti i monitoraggi geotecnici, da tale misura dipenderanno, per comparazione, tutte le successive.

Occorre che l'Affidatario presti la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

19.1 ANCORAGGIO PER MISURE DI CONVERGENZA CON DISTOMETRO A NASTRO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.090.001** "ANCORAGGIO PER MISURE DI CONVERGENZA CON DISTOMETRO A NASTRO"
- **IG.10.090.005** "MISURA DI CONVERGENZA CON DISTOMETRO A NASTRO"

La voce si riferisce unicamente alla fornitura e posa in opera dei soli ancoraggi. È esclusa la fornitura del distometro a nastro che, in quanto facente parte della strumentazione di misura, dovrà far parte della dotazione personale dell'affidatario.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Dal prezzo è escluso il costo relativo all'utilizzo del cestello.

19.1.1 Descrizione

Le misure con distometro a nastro (o estensimetro a nastro) sono utilizzate per misurare i movimenti relativi fra due punti distanti fra loro, in particolare per misure di convergenza in galleria. In quest'ultimo caso l'installazione degli ancoraggi avviene generalmente in corrispondenza di calotta, reni e piedritti.

Il principio è quello di misurare la distanza tra diverse coppie di punti nel tempo e di verificare se queste distanze si mantengono costanti nel tempo o se subiscono delle variazioni. Dal confronto tra le misure eseguite sui vari allineamenti è possibile individuare l'entità e la collocazione di eventuali deformazioni.

Il distometro a nastro è costituito da:

- una bindella millimetrata in acciaio inox o invar montata su telaio;
- un sistema meccanico di tensionamento;
- un comparatore (digitale o analogico) di lettura centesimale;
- un telaio di calibrazione.

I bulloni di convergenza sono realizzati in acciaio nervato con zincatura elettrolitica anticorrosione. La testa filettata, protetta da un cappuccio protettivo in PVC, è idonea all'aggancio del distometro. I bulloni possono avere dimensioni differenti in funzione del diverso campo di applicazione (roccia, centine, muratura, calcestruzzo) e si differenziano a seconda che siano da cementare (roccia, cls, muratura) o da saldare (centine).

Il bullone di convergenza potrà essere inserito nel foro secondo due schemi:

- con testa di misura esterna alla superficie e protetta con un tappo in plastica (verificare che la testa sporgente non costituisca un intralcio);
- con testa di misura all'interno della superficie.

In entrambi i casi si dovrà sempre verificare che la parte filettata del bullone permetta la completa e libera battuta a fondo del giunto cardanico di collegamento del distometro a nastro.

Caratteristiche tecniche minime

- DISTOMETRO A NASTRO
 - materiale nastro INVAR o acciaio inox
 - campo di misura minimo 1,5 m – 15 m

- precisione totale $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
- risoluzione $\pm 0,01\text{ mm}$
- ANCORAGGI
 - materiale acciaio zincato
 - diametro $\geq 20\text{ mm}$
 - lunghezza $\geq 50\text{ mm}$

19.1.2 Modalità esecutive

L'installazione seguirà le seguenti fasi:

- in caso di installazione a saldare, posizionare nella corretta posizione i diversi ancoraggi ed effettuare la saldatura. Infine numerare i diversi ancoraggi;
- in caso di cementazione, eseguire preventivamente il foro con il trapano utilizzando una punta di misura adeguata a consentire la successiva cementazione;
- pulire il foro con aria compressa;
- inserire l'ancoraggio e cementarlo con cemento a presa rapida nella giusta posizione;
- numerare i vari ancoraggi;
- quando si è sicuri dell'avvenuta consolidazione del cemento (aspettare almeno 2-3 ore) effettuare la misura di zero.

Misure

Le misure in esercizio con distometro a nastro verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento (laddove sia accertata la consolidazione di eventuali iniezioni di cls per la posa dell'ancoraggio).

Le misure vengono effettuate mediante l'utilizzo di un distometro a nastro secondo le seguenti fasi:

- prima di ogni serie di misurazioni dovrà essere eseguita la taratura dello strumento servendosi dell'apposito telaio di calibrazione;
- stendere la bindella agganciandone le estremità su due ancoraggi di convergenza secondo le specifiche strumentali descritte dai vari produttori;
- provvedere al tensionamento della bindella ed alla lettura, meccanica o digitale, sul comparatore.

Per ciascuna coppia di chiodi dovranno essere eseguite almeno tre letture adottando poi il valore medio delle stesse.

Tali valori verranno infine diagrammati in un grafico “distanza – tempo” per ogni singola coppia.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi a tutte le varie coppie di ancoraggi (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati della variazione di distanza nel tempo di tutte le coppie di ancoraggi;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di distanza e sulle possibili cause.

19.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

19.2 MISURA DI CONVERGENZA CON DISTOMETRO A NASTRO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.090.005** “MISURA DI CONVERGENZA CON DISTOMETRO A NASTRO”

Le specifiche inerenti la misura con distometro a nastro sono descritte nell'apposita voce “MISURE” presente nel rispettivo paragrafo dei vari strumenti.

Il prezzo si intende per ogni coppia di punti.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

Dal prezzo è escluso il costo relativo all'utilizzo del cestello.

20 MATERIALI E STRUMENTAZIONI VARIE (STRUMENTAZIONE A SUPPORTO DEL MONITORAGGIO GEOTECNICO/GEOMORFOLOGICO)

Nell'ambito del monitoraggio geotecnico e geomorfologico è necessario prevedere non solo la strumentazione di monitoraggio in senso stretto, ma anche tutta una serie di strumenti e componenti che sono fondamentali per la realizzazione ed il mantenimento della stessa rete di monitoraggio.

Tale strumentazione di supporto è costituita da tutta una serie di sensori (come ad esempio le Stazioni Meteorologiche), o di apparati di alimentazione (come i pannelli fotovoltaici), ma anche di semplici componenti di ricambio (cavi multipolari, tubi idraulici, ecc.).

Parallelamente all'attività di installazione degli strumenti, riveste una fondamentale importanza la fase della centralizzazione degli stessi ai fini dell'automatizzazione e remotizzazione dei dati. Tale attività di centralizzazione è regolamentata dalle disposizioni presenti nel presente capitolo.

Occorre che l'Affidatario preli la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

20.1 STAZIONE METEO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.100.001 "STAZIONE METEO"
- IG.10.130.010 "MISURE TRAMITE UAD"

La stazione dovrà essere composta, come configurazione minima, dai seguenti sensori:

- pluviometro;
- sensore di velocità del vento;
- sensore di direzione del vento;
- sensore di temperatura e umidità outdoor;
- nevometro (in caso di installazioni in ambienti montani o comunque predisposti a frequenti nevicate).

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. palo di supporto, strutture di fissaggio, staffe, cavi di connessione e alimentazione, connettori, ecc.).

I dati registrati dalle stazioni meteo vengono acquisite mediante Datalogger fissi e trasmesse ad un apposito server. Nel prezzo di installazione è inclusa una prima misura di zero che certifichi la bontà dell'installazione stessa.

La computazione delle misure sarà quindi relativa alla voce "MISURE TRAMITE UAD" (cod. IG.10.130.010) e riferita ad emissione dei dati derivanti da acquisizioni con Datalogger, con e senza, Sistema di Distribuzione Dati (SDD).

20.1.1 Descrizione

La stazione meteorologica è di primaria importanza, soprattutto nell'ambito dei monitoraggi di fenomeni franosi, al fine di correlare le eventuali evoluzioni dei movimenti con gli eventi meteorologici. È ad esempio importante capire se e come un'intensa precipitazione possa influire sulla riattivazione di un fenomeno franoso.

In generale le stazioni di misura devono essere collocate in luoghi aperti, su terreno pianeggiante, lontano da edifici, alberature od ostacoli in grado di interferire con le misurazioni e in siti rappresentativi del territorio circostante (evitando, per quanto possibile, installazioni su tetti, terrazzi di edifici e scarpate). Il vento, in particolare, è in grado di alterare anche pesantemente le misure pluviometriche, soprattutto nel caso di precipitazioni nevose. Per tale motivo, nelle installazioni andrebbero evitate posizioni particolarmente esposte al vento.

Inoltre, in dipendenza dalla quota s.l.m. dell'area di lavoro, la strumentazione deve essere dotata di adeguato sistema per il controllo della precipitazione nevosa.

Al fine di garantire la stabilità della Stazione Meteo, per tutta la durata della campagna di monitoraggio, la stessa dovrà essere posizionata su una solida base di appoggio. Qualora non fosse disponibile in sito una base di appoggio che garantisca la stabilità del sistema, dovrà essere realizzato un basamento fisso di dimensioni adeguate.

I dati registrati dalle stazioni meteo vengono acquisite mediante Datalogger fissi e trasmesse ad un apposito server.

Caratteristiche tecniche minime

- PLUVIOMETRO
 - area minima 400 cm²
 - precisione totale ± 2%
 - risoluzione 0,2 mm

- SENSORE DI VELOCITÀ DEL VENTO
 - campo di misura 0,28 m/s - 50 m/s
 - precisione totale < 0,1 m/s
- SENSORE DI DIREZIONE DEL VENTO
 - campo di misura 0 - 360°
 - precisione totale precisione $\pm 1^\circ$
 - sensibilità < 0,3 m/s
- SENSORE DI TEMPERATURA E UMIDITÀ OUTDOOR
 - campo di misura - 40 °C / + 80 °C
 - precisione totale $\pm 0,1$ °C
 - sensibilità 0,01 °C

20.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile;
- se necessario realizzare un'apposita piattaforma di sostegno della stazione.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- installare la stazione meteo secondo le specifiche indicate dai diversi produttori;
- provvedere al collegamento dei cavi della stazione meteo con l'unità di acquisizione dati (Datalogger) e verificare la funzionalità e la corretta trasmissione dei dati al server remoto;
- proteggere l'area di installazione da eventuali interferenze o rischi di danneggiamento mettendo in atto tutte le misure necessarie alla tutela della strumentazione e dei cavi di collegamento;
- eseguire uno scarico dati che varrà come lettura di zero.

Misure

Le misure in esercizio dei parametri meteo verranno effettuati mediante l'utilizzo di un Datalogger fisso e da qui trasmessi ad un server remoto per la generazione dei report di misura.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati della variazione dei parametri meteo nel tempo;
- note o problematiche varie.

20.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

20.2 PANNELLO SOLARE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.100.005** "PANNELLO SOLARE"

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. palo di supporto in acciaio zincato, strutture di fissaggio, staffe, armadetto, cavi, connettori, batteria tampone, ecc.).

20.2.1 Descrizione

L'utilizzo di pannelli solari si rende necessario per alimentare i dispositivi di monitoraggio laddove non sia presente un accesso diretto ad altre forme di alimentazione o dove cablare dei cavi di alimentazione diventi problematico.

Caratteristiche tecniche minime

- | | |
|----------------------------|-----------------|
| • materiale | silicio |
| • potenza | 50W |
| • temperatura di esercizio | - 40°C / + 80°C |

20.2.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare la perfetta funzionalità dello strumento;
- se necessario realizzare un'apposita piattaforma di sostegno per il palo del pannello.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- installare il pannello solare, su un apposito palo in alluminio, secondo le specifiche indicate dai diversi produttori;
- provvedere al collegamento dei cavi con lo strumento da alimentare;
- verificare la funzionalità post-installazione;
- proteggere l'area di installazione da eventuali interferenze o rischi di danneggiamento mettendo in atto tutte le misure necessarie alla tutela della strumentazione e dei cavi di collegamento.

20.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione, quota di installazione, note e problematiche varie.

20.3 CAVO MULTIPOLARE TWISTATO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.110.001 "CAVO MULTIPOLARE TWISTATO".
- IG.10.110.001.a "per ogni ml di cavo multipolare avente da 1 a 2 coppie"
- IG.10.110.001.b "per ogni ml di cavo multipolare avente da 3 a 4 coppie"
- IG.10.110.001.c "per ogni ml di cavo multipolare avente da 5 a 8 coppie"
- IG.10.110.001.d "per ogni ml di cavo multipolare avente oltre le 9 coppie"
- IG.10.110.015 "COLLEGAMENTO DI CAVI MULTIPOLARI PER CENTRALIZZAZIONE STRUMENTI"

La presente voce si applica ai cavi già assemblati direttamente in fabbrica sui tutti i vari strumenti, secondo le lunghezze richieste di volta in volta. In tal caso, essendo la sistemazione del cavo una parte integrante della posa in opera dei singoli strumenti, nel costo del cavo è compreso lo stendimento e l'eventuale fissaggio alle strutture, secondo modalità che assicurino la salvaguardia del cavo stesso e che impediscano il crearsi di interferenze che possano pregiudicare la bontà del segnale trasmesso.

Nel caso, invece, in cui si stia operando una centralizzazione di una rete di monitoraggio e fosse necessario disporre e cablare ulteriori cavi, non presenti già sui singoli strumenti, a tale voce si dovrà sommare quella relativa al "COLLEGAMENTO DI CAVI MULTIPOLARI PER CENTRALIZZAZIONE STRUMENTI" (cod. IG.10.110.015).

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. fascette, ecc.).

20.3.1 Descrizione

I cavi multipolari sono utilizzati, per le loro caratteristiche particolari, per la trasmissione del segnale di misura della maggior parte della strumentazione di monitoraggio. I cavi multipolari sono, per definizione, formati da una serie di cavi disposti in coppie e predisposti all'interno di un'unica guaina protettiva.

I cavi multipolari sono anche utilizzati per la centralizzazione di reti di monitoraggio, fornendo un collegamento diretto tra i vari strumenti e le unità di acquisizione del dato (Datalogger).

Generalmente i cavi con meno di 4 coppie sono deputati alla trasmissione del segnale su un singolo strumento (a cui sono già assemblati), mentre i cavi multipolari con più di 4 coppie vengono utilizzati per le centralizzazioni di reti di monitoraggio (collegando più strumenti e convogliando il segnale a un Datalogger dedicato).

Caratteristiche tecniche minime

- | | |
|----------------------------|----------------------|
| • tipo di cavo | multipolare twistato |
| • conduttore | rame stagnato |
| • schermatura | foglio in alluminio |
| • guaina esterna | antifiamma |
| • temperatura di esercizio | - 30°C / + 80°C |

20.3.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che i cavi non presentino lesioni o difformità.

L'installazione dei cavi già predisposti sui singoli strumenti direttamente in fabbrica seguirà le seguenti fasi:

- stendere il cavo evitando il formarsi di asole o torsioni e fissarlo alle strutture secondo modalità che assicurino la salvaguardia del cavo stesso e che impediscano il crearsi di interferenze che possano pregiudicare la bontà del segnale trasmesso;
- effettuare una misura con apposita centralina portatile per verificare la bontà del segnale.

20.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale sarà relativa alle specifiche descritte nei relativi paragrafi dei vari strumenti.

In caso di fornitura e posa in opera di cavi multipolari ai fini della centralizzazione (e quindi non preinstallati sui singoli strumenti) la documentazione relativa ai cavi deve comprendere:

- certificato di taratura (se presente) e certificato di conformità;
- scheda tecnica del cavo secondo le specifiche del produttore;
- tutto quanto specificato del paragrafo "documentazione finale" relativo alla voce "COLLEGAMENTO DI CAVI MULTIPOLARI PER CENTRALIZZAZIONE STRUMENTI" (cod. IG.10.110.015).

20.4 CAVO IN ACCIAIO (PER INSTALLAZIONI DI PENDOLI, ESTENSIMETRI A FILO, ECC.)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.110.05** "CAVO IN ACCIAIO (per installazioni di pendoli, estensimetri a filo, ecc.)"

Essendo la sistemazione del cavo una parte integrante della posa in opera dei singoli strumenti, nel costo del cavo è compreso lo stendimento e l'eventuale fissaggio alle strutture e allo strumento, secondo modalità che assicurino la salvaguardia del cavo stesso e che impediscano il crearsi di torsioni, nodi o abrasioni.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

La voce si riferisce a cavi in acciaio inox aventi diametro $\leq 2\text{mm}$.

20.4.1 Descrizione

I cavi in acciaio sono utilizzati per l'installazione di alcuni strumenti di monitoraggio quali: pendoli, estensimetri a filo, ecc..

Caratteristiche tecniche minime

- tipo di cavo acciaio inox
- diametro ≤ 2 mm

20.4.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che i cavi non presentino lesioni o difformità.

L'installazione dei cavi sarà conforme a quanto specificato nei relativi paragrafi dei vari strumenti.

Si dovrà, comunque, sempre aver cura di stendere il cavo evitando il formarsi di asole, torsioni, nodi o abrasioni e di fissarlo alle strutture ed agli strumenti secondo modalità che assicurino la salvaguardia del cavo stesso.

20.4.3 Documentazione finale

La documentazione finale sarà relativa alle specifiche descritte nei relativi paragrafi dei vari strumenti.

20.5 TUBO IDRAULICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.110.10** "TUBO IDRAULICO"

Essendo la sistemazione del tubo idraulico una parte integrante della posa in opera dei singoli strumenti, nel costo del tubo è compreso lo stendimento e l'eventuale fissaggio alle strutture e allo strumento, secondo modalità che assicurino la salvaguardia del tubo stesso e che impediscano il crearsi di torsioni, nodi o abrasioni.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

20.5.1 Descrizione

I tubi idraulici sono utilizzati per l'installazione di alcuni strumenti di monitoraggio quali: assestimetri idraulici, alcune celle di carico o pressione, ecc..

20.5.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che i tubi non presentino lesioni o difformità.

L'installazione dei tubi sarà conforme a quanto specificato nei relativi paragrafi dei vari strumenti.

Si dovrà, comunque, sempre aver cura di stendere il tubo evitando il formarsi di asole, torsioni, nodi o abrasioni e di fissarlo alle strutture ed agli strumenti secondo modalità che assicurino la salvaguardia del tubo stesso.

20.5.3 Documentazione finale

La documentazione finale sarà relativa alle specifiche descritte nei relativi paragrafi dei vari strumenti.

20.6 COLLEGAMENTO DI CAVI MULTIPOLARI PER CENTRALIZZAZIONE STRUMENTI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.110.15** "COLLEGAMENTO DI CAVI MULTIPOLARI PER CENTRALIZZAZIONE STRUMENTI"

La voce si riferisce unicamente al collegamento di cavi multipolari durante le attività di centralizzazione di una rete di monitoraggio laddove fosse necessario disporre e cablare ulteriori cavi, non presenti già sui singoli strumenti o laddove fosse necessario collegare qualsiasi tipo di cavo multipolare (anche già predisposto sui singoli strumenti) con un Datalogger o una UAD.

Il prezzo si applica in caso di:

- collegamento tra due diversi cavi multipolari;
- collegamento tra multipolare e cavo di segnale dello strumento;
- collegamento tra multipolare e datalogger o UAD;
- cablaggio e fissaggio dei cavi.

20.6.1 Descrizione

La centralizzazione è una fase fondamentale del monitoraggio geotecnico, poiché da essa dipendono le trasmissioni dei segnali tra i vari strumenti e le unità di acquisizione fisse (Datalogger o UAD).

La centralizzazione dovrà essere ben progettata al fine di assicurare la migliore configurazione possibile a garantire:

- la minore interferenza possibile con l'ambiente circostante e le lavorazioni;
- il minor dispendio di materiale e di costi;
- la creazione di una rete di monitoraggio efficiente e di facile manutenzione;
- la miglior trasmissione del dato possibile.

20.6.2 Modalità esecutive

I collegamenti tra diversi cavi dovrà essere effettuato **OBBLIGATORIAMENTE** secondo le seguenti modalità:

- tramite saldatura su circuiti stampati e apposita muffola sigillante;
- con scatole di giunzione;
- tramite l'utilizzo di morsettiera, scotchlok o similari.

La centralizzazione seguirà le seguenti fasi:

- prima di effettuare i vari collegamenti tra il multipolare ed il cavo segnale dello strumento verificare la perfetta funzionalità di quest'ultimo;
- unire una coppia alla volta segnando su un apposito modulo di centralizzazione l'abbinamento delle varie coppie secondo i diversi colori;
- completato il collegamento tra i due cavi, prima di sigillare definitivamente il nodo di giunzione, effettuare un'ulteriore lettura per assicurarsi della bontà del collegamento. In caso contrario tagliare il collegamento appena effettuato e ripetere le operazioni di giunzione;
- sigillare il collegamento secondo le diverse modalità scelte per la giunzione;
- stendere i cavi e disporli lungo il tracciato di progetto fissandoli alle strutture, secondo modalità che assicurino la salvaguardia del cavo stesso e che impediscano il crearsi di interferenze che possano pregiudicare la bontà del segnale trasmesso;
- collegare i vari multipolari alle rispettive Unità di Acquisizione Dati (UAD) assicurandosi di rispettare scrupolosamente l'abbinamento delle varie coppie indicato sul modulo di centralizzazione. Prima di effettuare il collegamento eseguire nuovamente una lettura di tutte le coppie di segnale;
- effettuare un primo scarico dei dati per assicurarsi che tutte le operazioni di centralizzazione siano andate a buon fine. In caso contrario cercare di individuare il problema e risolverlo.

I collegamenti tra diversi cavi dovranno essere perfettamente sigillati al fine di evitare accidentali infiltrazioni di acqua.

Il nodo di giunzione dovrà essere isolato dal terreno e, in generale, dovrà essere collocato in un punto idoneo a tutelarne l'integrità e fissato in modo tale da evitare accidentali strappi.

Le lavorazioni dovranno garantire una corretta posa in opera dei vari cavi evitando il formarsi di asole, torsioni, nodi o abrasioni.

20.6.3 Documentazione finale

La documentazione finale sarà relativa alle specifiche descritte nei relativi paragrafi dei vari strumenti e secondo quanto riportato alla voce "UNITÀ DI ACQUISIZIONE DATI (UAD)" (cod. IG.10.130).

21 STRUMENTAZIONE PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO

Il monitoraggio topografico riveste una fondamentale importanza nell'ambito del monitoraggio geotecnico in senso lato. I cambi di impiego sono numerosi, e si basano tutti sulla misura degli spostamenti di specifici strumenti nello spazio. Tali strumenti (miniprismi, target, staffe, capisaldi, ecc.) vengono vincolati all'elemento da monitorare (sia esso un corpo di frana o un'opera civile) e la loro posizione è controllata nel tempo rispetto ad uno specifico sistema di riferimento.

Le misure topografiche, finalizzate al monitoraggio di precisione, da effettuare per mezzo di triangolazioni, trilaterazioni, poligonali e livellazioni devono essere eseguite tramite strumenti di alta precisione e, in relazione alla tipologia di monitoraggio da effettuare, possono essere adottate le seguenti modalità:

- Misure topografiche in modalità periodica, con cadenza da stabilire;
- Misure topografiche in modalità automatica a controllo remoto.

La scelta della modalità di misura, dovrà essere effettuata in relazione alle precisioni ed alle frequenze di dati ritenute necessarie per il caso specifico di intervento.

Le triangolazioni, trilaterazioni, poligonali e livellazioni potranno essere adottate per le seguenti attività di monitoraggio e controllo:

- Monitoraggio di versanti;
- Monitoraggio di strutture (ponti, viadotti, paratie, edifici, ecc.);
- Misure di convergenza in galleria;
- Monitoraggio delle deformazioni in galleria;
- Monitoraggio delle subsidenze durante l'esecuzione dei lavori;
- Prove di carico su impalcati, ad esclusione di:
 - prove di carico su impalcati, con frecce massime di progetto aventi valori ≤ 5 cm;
 - prove di carico su impalcati, nel caso in cui non fosse possibile stazionare su punti stabili ubicati a distanze \leq di 100 m dall'impalcato da collaudare;
 - prove di carico su impalcati, nel caso in cui non fosse possibile stazionare su punti stabili che permettano di osservare e collimare i punti di controllo con valori degli angoli zenitali $<$ di $\pm 25^\circ$ rispetto al piano di orizzonte.

Si dovrà prevedere l'installazione degli strumenti da misurare (mire, capisaldi, staffe, ecc.) in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure preliminari (laddove vi sia interferenza tra la struttura da monitorare e l'opera da realizzarsi). In tale fase, nella quale le deformazioni possono essere nulle o, comunque limitate, verrà eseguita la misura di zero, dalla quale dipenderanno poi tutte le misure successive.

La misura di zero è considerata quella post-installazione e, come per tutti i monitoraggi geotecnici, da tale misura dipenderanno, per comparazione, tutte le successive.

Occorre che l'Affidatario preli la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

Schemi geometrici da adottare

In considerazione delle molteplici fattispecie riscontrabili nei siti di monitoraggio, si prescrive che per l'utilizzo della tecnica topografica di triangolazione, trilaterazione e poligonazione, si dovrà sempre prevedere l'orientamento del sistema di misura su un numero minimo di 4 vertici stabili esterni all'area da controllare, tramite i quali dovrà essere determinabile lo scarto quadratico medio delle misure di raffronto tra i valori delle coordinate di "zero" ed i valori determinati in occasione di ogni singola campagna di misure.

Nel caso di esecuzione di misure topografiche in "postazione fissa" o "periodica" con stazionamenti su pilastri o punti stabili, ogni stazione di misura dovrà essere collegata, tramite misure angolari e di distanze, ad almeno 4 vertici fissi esterni, direttamente collimabili dalla stessa.

Nel caso di esecuzione di poligoni di precisione, per la determinazione delle coordinate di una serie di punti intermedi (stazioni di passaggio), la poligonale dovrà essere vincolata agli estremi o, in alternativa, dovranno essere eseguite le misure in andata e ritorno, con vincolo sul vertice di partenza.

Precisioni e tolleranze delle misure

Le tolleranze e le precisioni delle misure devono essere determinate a priori, durante la fase di progettazione del sistema di monitoraggio. I valori di cui sopra, dovranno essere determinati tramite un calcolo di simulazione, il quale tenga conto di tutti i parametri ambientali relativi al sito (distanze, quote, posizioni delle stazioni, ecc.), dei parametri geometrici della rete (ampiezze degli angoli, lunghezze dei lati, numero

dei vertici, ecc.), nonché delle caratteristiche tecniche delle strumentazioni (precisioni angolari, precisioni sulle distanze, tipologia di riflettori, modalità di stazionamento, precisione del sistema di puntamento automatico verso i riflettori, ecc.). Tutti i parametri di cui sopra e le determinazioni derivate dal calcolo di simulazione, dovranno essere riportati in una apposita relazione esplicativa da consegnare preventivamente alla realizzazione del sistema di monitoraggio.

Il calcolo di simulazione, assume una peculiare importanza, in quanto è posto alla base di tutte le successive scelte, quindi, la valutazione in merito alla adottabilità del sistema di monitoraggio, dovrà essere sempre effettuata a valle della esatta determinazione delle precisioni ottenibili dallo stesso, in relazione alle considerazioni del progettista.

Procedure e tecniche generali di misura

Tutte le misure di monitoraggio, sia in postazione fissa che periodica, dovranno essere eseguite utilizzando la tecnica delle osservazioni per strati angolari, effettuando per ogni collimazione almeno 4 strati di misure, le quali dovranno essere mediate ed eventualmente ripetute se i valori angolari o sulle distanze dovessero superare i limiti imposti a seguito del calcolo di simulazione di cui al paragrafo precedente.

Per le misure di monitoraggio, sia in modalità automatica in postazione fissa che in modalità periodica, non è mai prevista l'acquisizione dell'altezza strumentale o la misura dell'altezza del riflettore, in quanto tali misure dovranno essere sempre fisse ed invariabili.

Nel caso di esecuzione di poligoni, le quote dei punti di stazione dovranno essere determinate esclusivamente tramite livellazioni geometriche di alta precisione.

Le poligoni dovranno sempre avere lati con lunghezza non superiore a 150 m ed i vertici dovranno essere materializzati su strutture stabili, per quanto possibile ubicati al di fuori delle aree soggette alle lavorazioni di cantiere. In ogni caso, è previsto che i vertici intermedi che subiranno danneggiamenti causati dalle attività di cantiere vengano tempestivamente sostituiti e rimisurati.

MISURE ALTIMETRICHE DI ALTA PRECISIONE – LIVELLAZIONI GEOMETRICHE

La determinazione delle quote dei vertici di rete, dei punti di poligonale e dei capisaldi in genere, deve sempre essere effettuata tramite l'esecuzione di livellazioni geometriche di alta precisione.

Le livellazioni geometriche, per le determinazioni delle quote dei vertici di rete e di stazione, per l'esecuzione delle successive misure topografiche o per la determinazione diretta delle quote dei punti di controllo, dovranno essere eseguite secondo le seguenti indicazioni:

- le misure di livellazione geometrica dovranno essere effettuate secondo le specifiche dettate dall'Istituto Geografico Militare Italiano per l'esecuzione delle livellazioni di alta precisione;
- le misure avranno inizio e fine sui capisaldi esterni e saranno effettuate con la modalità della livellazione composta dal mezzo;

- prima della campagna di misure di collaudo la squadra topografica incaricata effettuerà un test della strumentazione elettronica in dotazione al fine di correggere l'eventuale angolo di deviazione della linea orizzontale, adottando la formula di KukkaMaKi;
- la tolleranza delle misure da effettuare sarà fissata in +/- 2 mm per 1 Km di livellazione in A/R;
- le operazioni di misura dovranno essere eseguite sempre con lettura automatica sulla scala codificata della stadia Invar; le sue condizioni di illuminazione dovranno sempre essere ottimali e pertanto i percorsi dovranno essere programmati anche in funzione di questa necessità;
- la lunghezza delle battute dovrà sempre essere inferiore a 30 metri; lo strumento, inoltre, trattandosi di livellazione geometrica dal mezzo, deve trovarsi ad uguale distanza dalle due stadia;
- la differenza di lunghezza fra battuta avanti ed indietro non dovrà superare 1 metro;
- la differenza delle somme delle semidistanze accumulate lungo la linea di livellazione non deve superare i 5 metri;
- la linea di mira deve essere sopra 100 centimetri dal suolo e, nel caso di stadia da 3 metri, al di sotto di 2,80 metri.

Campi di impiego

Le livellazioni geometriche di alta precisione dovranno essere adottate per le seguenti attività di monitoraggio e controllo:

- determinazione delle quote dei vertici di rete;
- determinazione delle quote dei vertici di poligonale;
- determinazione delle quote dei punti di controllo (casisaldi) e delle staffe livellometriche, materializzate sul piano campagna e sugli edifici da monitorare;
- prove di carico su impalcati su impalcati, con frecce massime di progetto aventi valori \leq di 5 cm.

Specifiche tecniche delle strumentazioni da adottare

- LIVELLO
 - tipo di livello digitale
 - s.q.m. chilometrico con livellazione
 - doppia e stadia \leq 0,4 mm
 - ingrandimenti \geq 32x

- intervallo di misura (Invar) 1.8 - 60 metri
- sensibilità livella sferica $\leq 8'/2$ mm
- precisione del compensatore $\leq 0,2''$
- software - firmware (Tipo) disponibilità di firmware con autoverifica dell'orizzontalità della linea di mira. - Inibizione alle letture sugli estremi della stadia.
- memoria per registrazione dati Interna o su scheda di memoria – capacità min. 2000 misure
- STADIA
 - tipo di graduazione Codici a barre su nastro Invar
 - lunghezza 2 o 3 metri in un solo pezzo
 - tipo di livella Livella sferica
 - numero di unità per ogni livello Min. 2

MISURE PER ESECUZIONE DI PROVE DI CARICO SU IMPALCATI

Premesso che la livellazione geometrica di alta precisione è oggi l'unica tecnica che permette di determinare le quote dei punti di controllo con precisione millimetrica, si prescrive che tale tecnica debba essere adottata per le prove di carico su impalcati e che possa essere sostituita da altre tecniche topografiche (livellazione trigonometrica o altro) solo nel caso in cui le deformazioni determinate in fase di progetto, per i carichi previsti durante la prova, siano \geq a 5 cm.

Tale prescrizione si rende necessaria al fine di poter assicurare, durante tutte le fasi di carico e scarico dei mezzi, la possibilità di determinare sia i valori delle deformazioni che i valori degli eventuali residui, altrimenti non definibili.

Le prove di carico su implacati dovranno essere eseguite secondo la seguente procedura:

- sopralluogo preliminare;
- materializzazione dei punti di controllo a testa sferica, torica o semisferica da ubicare nelle posizioni indicate nella relazione redatta dal progettista;
- materializzazione dei sistemi di determinazione degli schiacciamenti in corrispondenza degli appoggi (estensimetri, misuratori di giunti, comparatori, ecc.);
- esecuzione delle misure di livellazione geometrica dal mezzo secondo le specifiche dettate dall'Istituto Geografico Militare Italiano per l'esecuzione delle livellazioni di alta precisione;
- elaborazione dei dati e restituzione delle tabelle e dei diagrammi di variazione delle quote rilevate.

Le misure avranno inizio e fine sui capisaldi esterni e saranno effettuate con la modalità della livellazione composta dal mezzo.

Prima della campagna di misure di collaudo, la squadra topografica incaricata effettuerà un test della strumentazione elettronica in dotazione al fine di correggere l'eventuale angolo di deviazione della linea orizzontale, adottando la procedura di seguito descritta.

Procedura di rettifica dei livelli da adottare prima dell'avvio delle prove di carico

I livelli digitali sono strumenti per misure di alta precisione, aventi rispettivamente accuratezza di 0.4 mm e 0.3 mm per 1 Km di livellazione in A/R.

Considerato che gli strumenti sono stati progettati per l'esecuzione di misure di alta precisione (monitoraggio, collaudi, linee di livellazioni geometriche di alta precisione, ecc.), a differenza di altre strumentazioni aventi prestazioni inferiori ed adatti a campi di applicazione meno impegnativi, le case costruttrici hanno introdotto nel sistema operativo una procedura di auto-rettifica che permette all'utente di controllare periodicamente lo stato di rettifica.

La procedura di verifica/rettifica permette di calcolare il valore angolare di inclinazione dell'asse di collimazione dello strumento e di decidere successivamente se correggere lo stesso od inviare lo strumento in un centro di assistenza per l'effettuazione di una rettifica meccanica.

La rettifica elettronica dell'asse di collimazione deve essere effettuata a seguito di lunghi spostamenti dello strumento su mezzi di trasporto di qualsiasi genere, dopo campagne di misure particolarmente logoranti a causa delle temperature e comunque prima dell'avvio di misure di alta precisione per le prove di carico su viadotti.

Lo schema di misura prevede il posizionamento di n. 4 riferimenti in un'area pianeggiante e riparata dall'irraggiamento solare diretto verso il cannocchiale dello strumento.

Lo strumento deve essere posizionato su un treppiede in legno sui punti denominati X1 ed X2. Dalla stazione X1 dovranno essere effettuate le letture L1 ed L2, affette rispettivamente dagli errori α_1 ed α_2 ; successivamente saranno effettuate le letture dalla stazione X2, affette dagli errori α_{1_1} ed α_{1_2} .

L'algoritmo di calcolo determina l'angolo di deviazione dell'asse di collimazione, e proporrà l'eventuale correzione dello stesso.

MISURE DI CONVERGENZA CON MIRE OTTICHE

Le misure di convergenza in galleria si effettuano controllando gli spostamenti assoluti nelle tre dimensioni di alcuni punti noti (mire ottiche, targets, ecc.) posizionati sulle pareti del cavo oppure sul fronte di avanzamento (misure di estrusione).

Descrizione e modalità esecutive

I punti di misura sono costituiti da prismi ottici o da mire ottiche diottriche reticolate, traggurate mediante un teodolite o distanziometro o con un rilievo dei movimenti sempre di tipo topografico tridimensionale, realizzato grazie ad una stazione totale servo assistita con sistema di puntamento automatico.

La misura si effettua come una normale triangolazione di precisione. La precisione della misura è pari a 1mm. L'elaborazione dei dati consente di risalire alla deformata del profilo di scavo ed agli spostamenti del fronte, nonché di valutarne l'evoluzione nel tempo.

Installazione

La procedura da seguire è la seguente:

- l'operatore deve acquisire i dati x, y, z ed orientamento (azimut) della rete topografica di riferimento attraverso la consegna di capisaldi (almeno tre) di coordinate note da parte del topografo di cantiere;
- man mano che il fronte di scavo avanza, l'operatore deve riposizionare i capisaldi (almeno tre, costituiti da prismi riflettenti) o in maniera fissa (tramite cementazione con malte a presa rapida delle piastre di supporto dei prismi) o in maniera mobile utilizzando opportuni dispositivi di fissaggio (boccole con innesto a baionetta) che garantiscano comunque la precisione ad ogni riposizionamento;
- il fissaggio dei capisaldi può avvenire prima o dopo la posa in opera del rivestimento di betoncino spruzzato, secondo le esigenze di cantiere e la necessità di sperimentare l'influenza della procedura di installazione sulle misure stesse.

Qualora il fissaggio avvenga prima della posa in opera del betoncino, il caposaldo deve avere comunque lunghezza sufficiente per essere utilizzato anche dopo la posa in opera di questo: in tale circostanza si deve proteggere la testa del caposaldo durante la posa in opera del betoncino tramite opportune cuffie di plastica.

I capisaldi fissati alla centina devono essere saldati con cordone di saldatura completo con lato uguale a non meno di metà del diametro. Come per i capisaldi fissati in roccia, quelli fissati alla centina devono avere lunghezza sufficiente e devono essere protetti adeguatamente per poter essere utilizzati anche dopo l'installazione dello *spritz-beton*. In ogni caso i capisaldi devono essere installati in modo tale da non intralciare il movimento delle macchine, da subire il minor numero possibile di interferenze e da permettere la prosecuzione del rilievo con schema reticolare.

Le coordinate dei capisaldi così installati devono essere controllate periodicamente (ogni tre settimane) onde valutarne la stabilità.

I punti di misura sono i "targets tape" (costituiti da superficie riflettente su supporto adesivo, dimensioni cm 3 x 3, 4 x 4, 5 x 5) che devono essere posizionati su opportune piastre di supporto o murate nella

struttura con malte cementizie a presa rapida o saldate sui chiodi da centina: l'installazione dei "targets" deve avvenire in modo da ottenere la migliore collimazione possibile rispetto alla stazione di misura.

Misure

Le operazioni che si devono osservare per il rilevamento delle coordinate dei punti di misura sono le seguenti:

- predisporre la stazione di misura, fissando il treppiede al terreno ed eseguire la "messa in bolla" del tacheometro;
- collimare i tre capisaldi di coordinate note in modo da conoscere, attraverso il programma dedicato presente all'interno dello strumento, la posizione della stazione di misura nel sistema di riferimento;
- procedere quindi al rilevamento di ogni "target" della sezione di misura;
- registrare e memorizzare i dati sulla memoria dello strumento.

I dati ricavati dalle misure vengono scaricati, in modo diretto, attraverso la memoria dello strumento al PC. Le informazioni ottenute dalle misure vengono in questo modo acquisite su PC ed elaborate con software opportuni.

Si ottengono così le coordinate di ogni "target" nel sistema di riferimento utilizzato ed è possibile verificare l'entità e la direzione degli spostamenti di ogni punto di misura.

I dati saranno poi presentati sia come tabulati sia come grafici e verranno utilizzati per eseguire le necessarie correlazioni alle misure ottenute dall'altra strumentazione in opera sulla sezione di monitoraggio.

MISURE GPS

La tecnologia GPS, esclusivamente in modalità statica nell'ambito delle attività di monitoraggio, potrà essere adottata per le seguenti applicazioni:

- Verifica stabilità vertici della rete di riferimento esterna;
- Monitoraggio punti di controllo su aree di grandi dimensioni.

Per quanto sopra, per l'uso della tecnologia GPS dovrà preliminarmente essere realizzata una rete di riferimento esterna rispetto all'area da monitorare.

I vertici della rete di riferimento, dovranno essere materializzati tramite piastre in acciaio dotate di apposita filettatura avente passo 5/8" (standard per centramento forzato di strumentazione topografica) fissate su strutture stabili e con cono di visibilità adeguato per la ricezione di segnali GPS.

Le coordinate dei vertici dovranno essere calcolate effettuando misure GPS in modalità statica (post-processing dei dati) con stazionamenti, per ogni baseline, non inferiori a 4 ore e frequenza di acquisizione non inferiore a 30 sec.

Tutte le baseline componenti i vari triangoli della rete dovranno essere “indipendenti”. La tecnica delle baseline “indipendenti” prevede che per n ricevitori accesi possano essere determinate n-1 baseline GPS, ciò al fine di poter iperdeterminare le misure ed effettuare le compensazioni rigorose dei dati acquisiti.

Le baseline GPS dovranno avere una lunghezza media di circa 5 Km e le differenze di lunghezza tra ogni baseline e le ulteriori baseline componenti la rete non dovrà essere mai maggiore del 20%. La ditta affidataria del servizio dovrà sottoporre al Direttore per l'esecuzione del contratto di ANAS S.p.A. un progetto di realizzazione della rete principale di riferimento, evidenziando le caratteristiche e le garanzie di stabilità di ogni singolo punto di riferimento scelto.

Specifiche tecniche

- GPS con tecnologia GNSS per il supporto dei seguenti sistemi di tracciamento: GPS, L1, L2, L2C, L5, GLONASS, GALILEO, BeiDou;
- Prestazioni RTK in modalità DGPS/RTCM;
- Numero di canali min. 120;
- Ricezione fino a 60 satelliti contemporaneamente su 2 frequenze;
- Latenza della posizione 0.02 sec;
- Standard di conformità RTK ISO17123-8;
- Precisione (rms) in post elaborazione:
 - Orizzontale: 3 mm + 0.1 ppm
 - Verticale: 3.5 mm + 0.4 ppm

Le acquisizioni GPS dovranno essere effettuate con riferimento al sistema WGS84, fissando, durante la misura di “zero”, le coordinate di uno dei vertici della rete tramite il collegamento dello stesso alla rete IGM95 o ad una rete di stazioni permanenti certificata dall'Istituto Geografico Militare Italiano.

Nessuna trasformazione di coordinate dovrà essere effettuata per le successive fasi di elaborazione dei dati.

Le coordinate degli altri vertici della rete di riferimento principale, dovranno essere determinate con riferimento al vertice n. 1 e tramite la tecnica delle baseline indipendenti di cui sopra.

Le tolleranze per la determinazione delle coordinate di ogni vertice, sono le seguenti:

- determinazione coordinate planimetriche: +/- 3 mm;
- determinazione quote: +/- 7 mm.

Documentazione

La ditta affidataria del servizio, dovrà consegnare ad ANAS S.p.A. sia le elaborazioni che i dati grezzi scaricati dalle strumentazioni o riportati nei libretti di campagna.

21.1 MINIPRISMA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.120.001 "MINIPRISMA"
- IG.10.120.025 "STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE"
- IG.10.0C "SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO"

La voce si riferisce alla fornitura e posa in opera dei soli miniprismi.

Lo strumento dovrà essere dotato di un supporto orientabile e di una struttura metallica di protezione. Dovrà inoltre possedere un sistema di protezione dai raggi solari e una guarnizione per evitare infiltrazioni di acqua nella filettatura di attacco del prisma;

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. staffe di fissaggio, ecc.).

21.1.1 Descrizione

L'installazione di miniprismi permette di controllare gli spostamenti nelle tre direzioni dei punti di applicazione e, di conseguenza, le eventuali distorsioni relative ad un determinato allineamento di punti. Tipicamente vengono installati su strutture esistenti o in fase di realizzazione (gallerie, viadotti, fabbricati, muri, opere in cls, paratie, ecc.), ma se montate su appositi supporti (basi in cemento) possono essere utilizzati anche per il controllo dei movimenti dei fenomeni franosi.

Il miniprisma è costituito da un prisma in quarzo catarifrangente montato all'interno di una struttura metallica di protezione su un supporto orientabile e solidarizzato (mediante tasselli o resine epossidiche) alla struttura da monitorare.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale struttura metallica
- supporto orientabile
- tipo di riflettore al quarzo con precisione di lavorazione delle superfici di 2"
- dimensioni del quarzo ≥ 32 mm

21.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- assicurarsi che la porzione su cui installare lo strumento non presenti asperità o eccessive rugosità, in caso contrario levigare le parti o installare lo strumento in un punto più uniforme;
- verificare che il punto di installazione consenta la perfetta visibilità dello strumento da parte del sistema di lettura.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- eseguire con un trapano un foro di adeguate dimensioni;
- inserire il tassello;
- avvitare il miniprisma senza serrare eccessivamente;
- orientare il prisma in direzione del sistema di lettura (Stazione Totale). Tale lavorazione deve essere effettuata possibilmente da due persone: una adibita all'installazione ed orientazione del prisma ed una adibita al sistema di lettura e che darà indicazioni sul corretto orientamento del prisma;
- ad orientazione avvenuta, serrare sia con il tassello che con il supporto orientabile del prisma;
- effettuare una lettura di zero mediante Stazione Totale.

Misure

Le misure in esercizio verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Il dato da misurare è la posizione nello spazio del miniprisma e le sue variazioni nel tempo, rispetto alla lettura iniziale.

Le misure saranno effettuate tramite Stazione Totale secondo le specifiche tecniche e strumentali descritte nel presente capitolato alle voci di "STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE" (cod. IG.10.120.025) e "SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO" (cod. IG.10.0C) e nel presente capitolo "STRUMENTAZIONE PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO".

La restituzione deve contenere tutte le informazioni utili per identificare la posizione e l'andamento nel tempo del punto considerato.

La frequenza delle misure dipenderà dalle lavorazioni in corso e dall'eventuale tipo di fenomeno in atto.

Per ogni mira ottica deve essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee che permetteranno di rintracciarne la posizione. Detta monografia dovrà essere corredata da uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul territorio.

È obbligo dell'Affidatario il reperimento di tutti i dati di partenza per l'esecuzione dei reticoli delle mire ottiche.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi al miniprisma (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di distanza e sulle possibili cause.

21.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

21.2 TARGET RIFLETTENTE (SIA ADESIVO CHE IMBULLONATO)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.120.005 "TARGET RIFLETTENTE (sia adesivo che imbullonato)"
- IG.10.120.005.a "per ogni target riflettente adesivo"
- IG.10.120.005.b "per ogni target riflettente imbullonato"
- IG.10.120.025 "STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE"
- IG.10.0C "SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO"

La voce si riferisce alla fornitura e posa in opera dei soli target.

Lo strumento dovrà avere dimensioni maggiori o uguali di 4 x 4 cm e, nel caso di target imbullonato, dovrà essere predisposto su supporto orientabile (compreso nel prezzo).

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. staffe di fissaggio, ecc.).

21.2.1 Descrizione

L'installazione dei target riflettenti permette di controllare gli spostamenti nelle tre direzioni dei punti di applicazione. Tipicamente vengono installati su strutture esistenti o in fase di realizzazione (in particolare in gallerie). In ambito di monitoraggio delle gallerie, l'uso dei target è adatto sia per effettuare misure di convergenza del cavo che per misure di estrusione del fronte durante le operazioni di scavo.

Il target è costituito da una piastra catarifrangente sulla quale è stampato un reticolo con crocefilo e può essere o di tipo adesivo o montato su un apposito supporto orientabile che sarà ancorato alla struttura da monitorare.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale plastica catarifrangente
- supporto orientabile
- dimensioni $\geq 40 \times 40$ mm

21.2.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- assicurarsi che la porzione su cui installare lo strumento non presenti asperità o eccessive rugosità, in caso contrario levigare le parti o installare lo strumento in un punto più uniforme;
- verificare che il punto di installazione consenta la perfetta visibilità dello strumento da parte del sistema di lettura.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- in caso di target adesivo incollare lo stesso sul punto da monitorare utilizzando, se necessario delle apposite colle o resine bicomponenti;
- in caso di target imbullonati, eseguire con un trapano un foro di adeguate dimensioni nel punto di installazione;
- inserire il tassello;
- avvitare il target senza serrare eccessivamente;

- orientare il target in direzione del sistema di lettura (Stazione Totale). Tale lavorazione deve essere effettuata possibilmente da due persone: una adibita all'installazione ed orientazione del target ed una adibita al sistema di lettura e che darà indicazioni sul corretto orientamento del target;
- ad orientazione avvenuta, serrare sia con il tassello che con il supporto orientabile del prisma;
- effettuare una lettura di zero mediante Stazione Totale.

Misure

Le misure in esercizio verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Il dato da misurare è la posizione nello spazio del target e le sue variazioni nel tempo, rispetto alla lettura iniziale.

Le misure saranno effettuate tramite Stazione Totale secondo le specifiche tecniche e strumentali descritte nel presente capitolato alle voci di "STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE" (cod. IG.10.120.025) e "SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO" (cod. IG.10.0C) e nel presente capitolo "STRUMENTAZIONE PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO".

La restituzione deve contenere tutte le informazioni utili per identificare la posizione e l'andamento nel tempo del punto considerato.

La frequenza delle misure dipenderà dalle lavorazioni in corso e dall'eventuale tipo di fenomeno in atto.

Per ogni target deve essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee che permetteranno di rintracciarne la posizione. Detta monografia dovrà essere corredata da uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul territorio.

È obbligo dell'Affidatario il reperimento di tutti i dati di partenza per l'esecuzione dei reticoli dei target.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi al target (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di distanza e sulle possibili cause.

21.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

21.3 CAPOSALDO TOPOGRAFICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.120.010** "CAPOSALDO TOPOGRAFICO"
- **IG.10.120.025** "STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE"
- **IG.10.0C** "SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO"

La voce si riferisce alla fornitura e posa in opera dei soli capisaldi topografici.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. staffe di fissaggio, ecc.).

21.3.1 Descrizione

L'installazione di capisaldi topografici permette di controllare gli spostamenti verticali dei punti di applicazione e, di conseguenza, le eventuali distorsioni relative ad un determinato allineamento di capisaldi. Tipicamente vengono installati sul piano campagna, ma anche su strutture, edifici, fabbricati.

I capisaldi sono costituiti da particolari chiodi o borchie saldate a barre ad aderenza migliorata, che vengono solidarizzati al terreno mediante basamenti in cemento o ancorati alle strutture mediante perforazione con trapano e successiva cementazione (o ad espansione).

L'Affidatario dovrà:

- provvedere a quanto necessario affinché tutte le imprese operanti si avvalgano e facciano riferimento ad un'unica rete di capisaldi in tutte le fasi di realizzazione del progetto (indagini, ingegneria, costruzioni, controlli);
- provvedere a quanto necessario per evitare manomissioni del reticolo di capisaldi. Nel caso in cui, per esigenze di lavoro o in conseguenza di avvenimenti (anche non dipendenti

dall'Impresa) di qualsiasi natura, il reticolo (o singoli capisaldi) risultasse manomesso, sarà cura dell'Affidatario provvedere ai necessari ripristini;

- provvedere all'installazione delle modine necessarie a definire con la massima precisione il profilo delle scarpate di scavi e rilevati;
- mettere a disposizione della DL, ove richiesto, la documentazione necessaria per l'esecuzione dei rilievi che la stessa ritenesse opportuno effettuare, sia per la verifica dei capisaldi sia per eventuali controlli in fase di costruzione.

21.3.2 Modalità esecutive

Preliminarmente ad ogni operazione di scavo l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con eventuali sottoservizi.

I capisaldi dovranno presentare, ben visibile sulla parte superiore, una borchia metallica con l'indicazione del numero del vertice o caposaldo ed una testa emisferica per la battuta topografica.

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare che il punto di installazione consenta la perfetta esecuzione delle misure e che sia lontano da eventuali elementi interferenti.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- La borchia dovrà essere collegata tramite bullonatura o elettro-saldatura ad una barra di ferro (minimo ϕ 12) ad aderenza migliorata di idonea lunghezza ($L \geq 50 - 100$ cm). Esecuzione di un foro nel terreno di pari lunghezza e cementazione con malta del caposaldo in modo da renderlo solidale al terreno. Il tutto dovrà essere protetto da pozzetto in cls., con coperchio carrabile in ghisa;
- effettuare una lettura di zero mediante livello di precisione una volta che sia avvenuta la consolidazione del cemento.

Misure

Le misure in esercizio verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Il dato da misurare è la quota relativa del caposaldo e le sue variazioni nel tempo, rispetto alla lettura iniziale.

Le misure saranno effettuate tramite Livello di alta precisione e stadia, secondo le specifiche tecniche e strumentali descritte nel presente capitolato alle voci di “STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE” (cod. IG.10.120.025) e “SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO” (cod. IG.10.0C) e nel presente capitolo “STRUMENTAZIONE PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO” alla voce “MISURE ALTIMETRICHE DI ALTA PRECISIONE – LIVELLAZIONI GEOMETRICHE”

La restituzione deve contenere tutte le informazioni utili per identificare la posizione e l'andamento nel tempo del punto considerato.

La frequenza delle misure dipenderà dalle lavorazioni in corso e dall'eventuale tipo di fenomeno in atto.

Per ogni caposaldo dovrà essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee che permetteranno di rintracciarne la posizione. Detta monografia dovrà essere corredata da uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul territorio.

È obbligo dell’Affidatario il reperimento di tutti i dati di partenza per l’esecuzione dei reticoli dei capisaldi.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi al caposaldo (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di distanza e sulle possibili cause.

21.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

21.4 STAFFA LIVELLOMETRICA A PERNO O BULLONI TORICI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.120.015 “STAFFA LIVELLOMETRICA A PERNO O BULLONI TORICI”
- IG.10.120.015.a “per ogni staffa livellometrica a perno”
- IG.10.120.015.b “per ogni bullone torico”
- IG.10.120.025 “STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE”
- IG.10.0C “SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO”

La voce si riferisce alla fornitura e posa in opera delle sole staffe o perni.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. staffe di fissaggio, ecc.).

21.4.1 Descrizione

L'installazione delle staffe livellometriche permette di controllare gli spostamenti verticali dei punti di applicazione e, di conseguenza, le eventuali distorsioni relative ad un determinato allineamento di staffe. Tipicamente vengono installati sulle pareti verticali di strutture, edifici, fabbricati, ecc..

Le staffe livellometriche e i bulloni torici sono costituiti da particolari chiodi, o perni, solidarizzati alle pareti delle strutture mediante perforazione con trapano e successiva cementazione (o ad espansione). Si tratta, in pratica, di capisaldi topografici per misure in verticale.

La staffa livellometrica dovrà avere diametro minimo pari a 12mm e, per la parte da innestare nella struttura, dovrà essere ad aderenza migliorata. La staffa dovrà essere inserita nella struttura per una profondità di almeno 10cm e dovrà avere caratteristiche di indeformabilità tali da consentire la miglior accuratezza possibile delle misure.

L'Affidatario dovrà:

- provvedere a quanto necessario affinché tutte le imprese operanti si avvalgano e facciano riferimento ad un'unica rete di staffe in tutte le fasi di realizzazione del progetto (indagini, ingegneria, costruzioni, controlli);
- provvedere a quanto necessario per evitare manomissioni del reticolo di staffe. Nel caso in cui, per esigenze di lavoro o in conseguenza di avvenimenti (anche non dipendenti dall'Impresa) di qualsiasi natura, il reticolo (o singole staffe) risultasse manomesso, sarà cura dell'Affidatario provvedere ai necessari ripristini;
- mettere a disposizione della DL, ove richiesto, la documentazione necessaria per l'esecuzione dei rilievi che la stessa ritenesse opportuno effettuare, sia per la verifica delle staffe sia per eventuali controlli in fase di costruzione.

21.4.2 Modalità esecutive

Le staffe, dovranno presentare, ben visibile, l'indicazione del numero del vertice ed una testa emisferica per l'aggancio della stadia di livellazione topografica.

La testa dovrà essere collegata tramite bullonatura o elettro-saldatura ad una barra di ferro a sezione quadrata che andrà debitamente fissata alla muratura del fabbricato ad una altezza tale da non subire manomissioni di sorte.

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare che il punto di installazione consenta la perfetta esecuzione delle misure e che sia lontano da eventuali elementi interferenti.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- eseguire, con un trapano, un foro di lunghezza (almeno 10cm) e diametro adatti alle dimensioni della staffa;
- inserire nel foro del cemento a presa rapida o resina epossidica;
- inserire la staffa mantenendola quanto più possibile in orizzontale;
- in caso di installazione di bulloni torici ad espansione, dopo aver eseguito il foro serrare il bullone mediante l'apposito tassello;
- effettuare una lettura di zero mediante livello di precisione una volta che sia avvenuta la consolidazione del cemento o della resina.

Misure

Le misure in esercizio verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Il dato da misurare è la quota relativa della staffa e le sue variazioni nel tempo, rispetto alla lettura iniziale.

Le misure saranno effettuate tramite Livello di alta precisione e stadia, secondo le specifiche tecniche e strumentali descritte nel presente capitolato alle voci di "STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE" (cod. IG.10.120.025) e "SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO" (cod. IG.10.0C) e nel presente capitolo "STRUMENTAZIONE PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO" alla voce "MISURE ALTIMETRICHE DI ALTA PRECISIONE – LIVELLAZIONI GEOMETRICHE"

La restituzione deve contenere tutte le informazioni utili per identificare la posizione e l'andamento nel tempo del punto considerato.

La frequenza delle misure dipenderà dalle lavorazioni in corso e dall'eventuale tipo di fenomeno in atto.

Per ogni staffa dovrà essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee che permetteranno di rintracciarne la posizione. Detta monografia dovrà essere corredata da uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul territorio.

È obbligo dell'Affidatario il reperimento di tutti i dati di partenza per l'esecuzione dei reticoli delle staffe.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi alla staffa (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di distanza e sulle possibili cause.

21.4.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

21.5 NASTRO LIVELLOMETRICO CON CODICE A BARRE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.120.020 "NASTRO LIVELLOMETRICO CON CODICE A BARRE"
- IG.10.120.025 "STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE"
- IG.10.0C "SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO"

La voce si riferisce alla fornitura e posa in opera dei soli nastri livellometrici.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. staffe di fissaggio, ecc.).

21.5.1 Descrizione

Come per le staffe livellometriche, l'utilizzo dei nastri livellometrici con codice a barre è pensato per controllare gli spostamenti verticali dei punti di applicazione. Tipicamente vengono installati sulle pareti verticali di strutture, edifici, fabbricati, ecc.

I nastri livellometrici sono costituiti da una striscia in alluminio o INVAR sulla quale è riportato un codice a barre. Il nastro è vincolato verticalmente alla struttura da monitorare mediante delle viti e viene poi letto mediante un Livello di alta precisione.

L'Affidatario dovrà:

- provvedere a quanto necessario affinché tutte le imprese operanti si avvalgano e facciano riferimento ad un'unica rete di nastri livellometrici in tutte le fasi di realizzazione del progetto (indagini, ingegneria, costruzioni, controlli);
- provvedere a quanto necessario per evitare manomissioni del reticolo di nastri livellometrici. Nel caso in cui, per esigenze di lavoro o in conseguenza di avvenimenti (anche non dipendenti dall'Impresa) di qualsiasi natura, il reticolo (o singole staffe) risultasse manomesso, sarà cura dell'Affidatario provvedere ai necessari ripristini;
- mettere a disposizione della DL, ove richiesto, la documentazione necessaria per l'esecuzione dei rilievi che la stessa ritenesse opportuno effettuare, sia per la verifica delle staffe sia per eventuali controlli in fase di costruzione.

Caratteristiche tecniche minime:

- materiale alluminio o INVAR
- lunghezza ≥ 40 cm
- tipo di lettura codice a barre

21.5.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare che il punto di installazione consenta la perfetta esecuzione delle misure e che sia lontano da eventuali elementi interferenti.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- posizionare il nastro livellometrico nella posizione di progetto disponendolo verticalmente e nel giusto verso;
- eseguire con un trapano i fori di lunghezza e diametro idonei alle dimensioni dei tasselli;
- posizionare il nastro e avvitarlo ai relativi tasselli;
- effettuare una lettura di zero mediante livello di precisione.

Misure

Le misure in esercizio verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta “misura di zero” con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell’installazione dello strumento.

Il dato da misurare è la quota relativa del nastro livellometrico e le sue variazioni nel tempo, rispetto alla lettura iniziale.

Le misure saranno effettuate tramite Livello di alta precisione, secondo le specifiche tecniche e strumentali descritte nel presente capitolato alle voci di “STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE” (cod. IG.10.120.025) e “SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO” (cod. IG.10.0C) e nel presente capitolo “STRUMENTAZIONE PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO” alla voce “MISURE ALTIMETRICHE DI ALTA PRECISIONE – LIVELLAZIONI GEOMETRICHE”

La restituzione deve contenere tutte le informazioni utili per identificare la posizione e l’andamento nel tempo del punto considerato.

La frequenza delle misure dipenderà dalle lavorazioni in corso e dall’eventuale tipo di fenomeno in atto.

Per ogni nastro dovrà essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee che permetteranno di rintracciarne la posizione. Detta monografia dovrà essere corredata da uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul territorio.

È obbligo dell’Affidatario il reperimento di tutti i dati di partenza per l’esecuzione dei reticoli dei nastri.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi al nastro livellometrico (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di distanza e sulle possibili cause.

21.5.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

21.6 STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.120.025 "STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE"
- IG.10.120.025.a "nolo stazione"
- IG.10.120.025.b "nolo piattaforma"
- IG.10.120.025.c "gestione della stazione totale robotizzata"

La voce si riferisce al noleggio mensile di una singola Stazione Totale automatica.

Nella computazione del noleggio andranno computate le voci di:

- Noleggio della Stazione Totale;
- Noleggio della piattaforma software;
- Gestione della Stazione Totale.

Le specifiche richieste per il noleggio sono di seguito illustrate.

NOLO STAZIONE

STAZIONE TOTALE AUTOMATICA

Noleggio per n. 1 Stazione Totale, comprensivo di: noleggio operativo, manutenzione ordinaria (inclusi i servizi di seguito indicati: manutenzione annuale ordinaria e certificazione annuale service, strumentazione sostitutiva in caso di malfunzionamenti o durante l'attività di manutenzione e calibrazione, aggiornamento firmware e software).

Le caratteristiche minime dello strumento dovranno essere le seguenti:

- accuratezza angolare: 0,5";

- accuratezza sulla distanza (con singolo prisma): 1 mm + 2 ppm;
- portata del distanziometro (con singolo prisma): 2500 m;
- portata del sistema di puntamento automatico del prisma: 1000 m.

ARMADIO UNITÀ DI ALIMENTAZIONE/COMUNICAZIONE

Quadro elettrico con grado di protezione almeno IP55, serratura e collegamenti tramite passacavi stagni completo dei seguenti componenti:

- componenti elettrici per alimentazione da 220V;
- batteria in tampone da 80 Ah;
- router 4G completo di antenna;
- sensore di temperatura;
- cabina di protezione per Stazione Totale dotata di sistema di chiusura a lucchetto.

INSTALLAZIONE

N. 1 tecnico esperto on site, escluso il basamento di supporto da pagarsi con le relative voci di elenco.

SUPPORTO TECNICO REMOTO, calcolato per operatività n. 1 stazione totale, comprendente:

- quality check;
- assistenza remota per la durata del progetto.

NOLO PIATTAFORMA

Noleggio per n. 1 piattaforma software costituita da:

- software;
- costi di licenza per connessione al software della singola stazione totale;
- gestione completa da remoto Stazione Totale (esecuzione cicli di misura programmati, cicli a necessità, misura stato bolla);
- interfaccia web compatibile con dispositivi tipo Mobile ed accesso dati da Browser a multilivello;
- impostazione di soglie di allarme su tre livelli con attivazione di allarmi (stato e/o superamento soglie) di tipo consequenziale;
- reportistica avanzata.

GESTIONE DELLA STAZIONE TOTALE ROBOTIZZATA

Supporto tecnico remoto, calcolato per operatività n. 1 Stazione Totale ed inclusi:

- quality check;
- assistenza remota per la durata del progetto.
- compresi i puntamenti necessari delle mire ottiche.

21.6.1 Descrizione

L'installazione di una Stazione Totale automatica permette di controllare gli spostamenti nelle tre direzioni di una serie di punti identificati da riflettori (come miniprismi, mire ottiche, target, ecc.). L'utilizzo delle Stazioni Totali è di primaria importanza nel monitoraggio geotecnico, poiché consente di effettuare una serie di misure, di alta precisione, secondo una frequenza di misura preimpostata.

Il sistema di monitoraggio dovrà permettere di controllare in continuo le opere, mediante la materializzazione di prismi riflettenti. Le stazioni robotiche dovranno seguire gli spostamenti dei singoli punti di controllo nello spazio (Est, Nord e Quota), a orario cadenzato o in modo continuo, con conseguente segnalazione ed invio di messaggi d'allarme, qualora si superino determinati spostamenti.

L'architettura del sistema presume che la Stazione Totale venga gestita completamente da un Personal Computer al quale è collegata mediante una connessione via radio o via cavo.

I dati rilevati vengono immediatamente archiviati nel database del software deputato a gestire lo strumento.

Presso il cantiere sarà ubicato il Server Locale che fungerà da centro nevralgico dell'intero sistema. Al termine di ogni ciclo di lettura, replicherà il database aggiornato e procederà all'analisi automatica dei dati in esso contenuti. Deputato a svolgere questa delicata funzione è un software che calcolerà una serie di parametri e verificherà la loro congruenza con le soglie definite in fase progettuale e controllerà lo stato di funzionamento di tutte le componenti costituenti il sistema (PC e strumento topografico ad esso collegato).

Successivamente a questa validazione automatica del dato, che sarà effettuata al termine di ogni ciclo di misura, è prevista una validazione manuale effettuata dall'Amministratore del Sistema (AS) con cadenza programmata ed ogni qualvolta la procedura di validazione automatica del dato rilevasse delle anomalie funzionali o valori fuori soglia.

L'Amministratore potrà essere dotato di una postazione Mobile direttamente collegabile sia al Server Locale che al PC GESTORE che guida la Stazione Totale e potrà quindi verificare in tempo reale i dati e lo stato dell'intero apparato da qualunque postazione remota

Se dalla validazione manuale dei dati dovessero emergere anomalie funzionali la cui risoluzione richieda l'intervento diretto sul posto, l'AS provvederà ad avisare il personale preposto in cantiere che provvederà ad un sopralluogo e, se possibile, al ripristino del corretto funzionamento del sistema.

Nel caso in cui la verifica manuale effettuata al ricevimento di un segnale di allerta inviato dal Server Locale dovesse confermare il superamento delle soglie preimpostate e prescritte dal Committente, l'AS provvederà ad avviare la procedura pre-concordata con i vari responsabili (Impresa, DL, Progettista, Referenti vari, ecc.).

Caratteristiche tecniche minime

STAZIONE TOTALE AUTOMATICA

- Accuratezza angolare: 0,5";
- Accuratezza sulla distanza (con singolo prisma): 1 mm + 2 ppm;
- Portata del distanziometro (con singolo prisma): 2500 m;
- Portata del sistema di puntamento automatico del prisma: 1000 m.

ARMADIO UNITÀ DI ALIMENTAZIONE/COMUNICAZIONE

Quadro elettrico con grado di protezione almeno IP55, serratura e collegamenti tramite passacavi stagni completo dei seguenti componenti:

- Componenti elettrici per alimentazione da 220V;
- Batteria in tampone da 80 Ah;
- Router 4G completo di antenna;
- Sensore di temperatura;
- Cabina di protezione per Stazione Totale dotata di sistema di chiusura a lucchetto.

Il sistema dovrà essere composto da "Stazione Totale Robotizzata", in postazioni fisse.

Ogni singola stazione totale, per garantire la massima stabilità e consentire l'eventuale riposizionamento della bolla senza modifiche all'altezza strumentale, dovrà essere ubicata su basetta di posizionamento topografica a viti calanti.

L'architettura del sistema di monitoraggio, prevede che ad ogni Stazione Totale sia accoppiato un armadio definito "unità rover", avente le seguenti funzioni:

- Alimentazione: permette di alimentare il sistema tramite la connessione alla rete elettrica (230 Vac); e qualora si verificasse un'interruzione di corrente, svolge la funzione di gruppo di continuità UPS, ovvero la batteria in tampone da 55 Ah, consente il funzionamento dei

dispositivi per almeno 8 ore. Sono inoltre presenti adeguati apparati di protezione contro sovratensioni o sbalzi di alimentazione;

- Rover Unit: consente mediante router UMTS di collegare la Stazione Totale al Server, ove risiedono i software di gestione della stazione e quelli preposti per il calcolo. Permette, inoltre, il reset da remoto della stazione, qualora vi siano problemi sulla trasmissione dati.

Saranno, inoltre, a carico dell'Affidatario tutti gli adempimenti relativi alle occupazioni delle aree, al pagamento dei danni ai proprietari, all'accesso ai punti lettura, pulizia delle aree, e quant'altro dovesse servire per rendere e mantenere il servizio funzionante.

Per regola generale, nello svolgimento dei servizi l'Affidatario dovrà attenersi alle migliori regole dell'arte, nonché alle prescrizioni che verranno di seguito dettate per le diverse operazioni. Per tutte le attività l'Affidatario dovrà seguire i migliori procedimenti dettati dalla tecnica ed attenersi alle disposizioni impartite dal Committente. Per l'esecuzione dei servizi dovranno essere inoltre rispettate le normative vigenti, le norme tecniche.

Di seguito si richiama l'attenzione su alcuni oneri particolari, a cui l'Affidatario è tenuto in quanto compresi nel compenso complessivo previsto:

- disporre che le attività in sito siano condotte alla presenza del tecnico indicato quale Responsabile di Cantiere;
- definire i valori di attenzione e di allarme;
- inserimento dei dati nella Piattaforma web dedicata;
- interfacciarsi con tutti i soggetti preposti al Monitoraggio: Responsabili Interferometria terrestre, Responsabile misure geotecniche, vari ed eventuali;
- curare la redazione dei rapporti da sottoscrivere e della restante documentazione prevista.

L'Affidatario non potrà nulla pretendere per eventuali ritardi, nell'ultimazione dei servizi, dovuti a difficoltà nell'ottenimento delle relative autorizzazioni.

21.6.2 Modalità esecutive

Secondo tempistiche e posizioni da verificare sul campo. A carico dell'Affidatario.

Al fine di garantire la stabilità della Stazione topografica, per tutta la durata della campagna di monitoraggio, la stessa dovrà essere posizionata su adeguata e solida base di appoggio installate su apposti "pilastri di riferimento". Qualora non fosse disponibile in sito una base di appoggio che garantisca la stabilità del sistema, dovrà essere realizzato un basamento fisso di dimensioni adeguate.

In generale, l'Abitacolo per Stazione Totale sarà composto da:

- Piastra Speciale per Pilastrino in C/A, in Acciaio AISI304 Lucidata in superficie, diametro 250 mm;
- Tre fori per l'ancoraggio con tasselli tipo FISHER, Filettatura 5/8" per Basamento GDF;
- Alloggiamento di prima Protezione, per Postazione Fissa di Misura, per pronta installazione su Fondazione, su superficie piana e stabile o a mensola;
- Cabinetta in profilato con pareti in legno e Vetro speciale SUPER WHITE anti-aberrante, visibilità di collimazione a 360°.

A questo si dovrà associare un adeguato sistema di trasmissione dei dati in remoto tramite scheda dedicata.

I costi per la realizzazione delle strutture, l'eventuale presidio dell'area oggetto di installazione ed i costi per la fornitura di alimentazione elettrica, tramite gestore di rete o sistemi ausiliari (pannelli solari, batterie, ecc.) che garantiscano il funzionamento 24h dello strumento, sono a carico dell'affidatario.

Misure

La gestione dei sensori in campo è svolta da software "dedicati", lo stesso, attraverso protocolli di comunicazione bi-direzionali, provvede all'esecuzione delle misure, secondo intervalli cadenzati o a ciclo continuo e archivia i risultati all'interno di un database relazionale o SQL.

Su ciascun prisma dovranno essere effettuate almeno n. 4 misure, di cui 2 in posizione dritta e 2 in posizione capovolta, in modo da eliminare l'errore strumentale d'indice.

La connessione tra il Server e la Stazione Totale dovrà avvenire tramite una connessione internet basata su determinati protocolli, in modo che sia possibile registrare un dominio associato ad un IP dinamico come IP statico.

Per l'elaborazione dei dati, dovrà essere adottato un software "adeguato", il quale essendo sempre attivo, permette di raccogliere i dati contenuti all'interno del DB SQL o equivalente, di rielaborare le informazioni secondo i criteri impostati, di gestire eventuali eventi di allarme ed infine di rendere disponibili le informazioni ad altri software per la rappresentazione grafica dei dati.

La prima operazione del software dovrà essere quella di replicare i dati grezzi acquisiti in campo, successivamente dovrà eseguire il calcolo impostato (orientamento + fattore di scala) utilizzando i punti di riferimento definiti, questa operazione, in particolare, comporta il passaggio da coordinate vettoriali a coordinate cartesiane e l'eventuale calcolo delle velocità di spostamento, costituisce inoltre, un'ulteriore validazione dei dati acquisiti sulla base dei filtri impostati.

Successivamente, in funzione della configurazione impostata, dovranno essere generate mail di allarme e di file riepilogativi (in formato .csv) contenenti una copia dei dati acquisiti dal programma dedicato e le 3 coordinate cartesiane dedotte dal tipo di calcolo impostato.

Il calcolo di orientamento e fattore di scala dovrà essere eseguito mediante i seguenti passaggi:

- Calcolo delle coordinate cartesiane provvisorie dei punti di riferimento misurati considerando il punto di stazione nella posizione definita nelle proprietà del sensore e mantenendo l'orientamento strumentale;
- Calcolo della trasformazione (rotazione + fattore di scala) mediante le doppie coordinate dei punti di riferimento (note e provvisorie calcolate) con procedura ai minimi quadrati;
- Calcolo delle coordinate definitive di tutti i punti applicando la rotazione ed il fattore di scala calcolati alle misure.

Il calcolo di correzione dell'angolo Verticale dovrà essere eseguito mediante i seguenti passaggi:

- Calcolo delle quote provvisorie dei punti di riferimento misurati considerando il punto di stazione alla quota definita nelle proprietà del sensore;
- Calcolo della trasformazione (rotazione angolo Verticale) mediante le doppie quote dei punti di riferimento (note e provvisorie calcolate) con procedura ai minimi quadrati;
- Calcolo delle quote definitive di tutti i punti applicando la trasformazione alle misure.

Successivamente, per tutti gli strumenti in acquisizione automatica si dovrà predisporre, da parte dell'Affidatario, la validazione dei dati almeno una volta al giorno. All'occorrenza, in funzione dei risultati, anche più volte al giorno.

In relazione a tutte le operazioni tecniche oggetto dei servizi l'Affidatario, dopo un primo periodo di letture, ricaverà i valori di soglia di attenzione e di allarme per questi strumenti, inoltre attiverà il sistema per l'acquisizione in automatico e sarà il soggetto, insieme al tecnico informatico, che organizzerà il flusso dei dati (database, invio tramite mail a sito dedicato, ecc.).

Sulla base dei dati sopra descritti, sarà possibile, in caso vengano identificati settori soggetti a spostamento, eseguire la perimetrazione di tali aree e definire l'estensione areale delle zone in movimento rispetto a quelle stabili.

Ulteriori prodotti o informazioni potranno essere forniti in caso di specifica esigenza della Committenza.

Tutti gli elaborati tecnici saranno redatti, timbrati e firmati, per conto dell'Affidatario, da un tecnico abilitato.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- grafici per punto di ogni variazione delle coordinate X, Y, Z;

- grafici per punto delle coordinate polari (Hz, V, Dist.) misurate dalla Stazione Totale;
- grafici per punto delle variazioni di distanza orizzontale o dei dislivelli;
- grafici dell'andamento della stabilità della Stazione Totale;
- grafici di grandezze non legate alle misure topografiche;
- planimetria dei vettori spostamento 3D per ogni punto di misura;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti gli spostamenti e sulle possibili cause.

Tutte le misure saranno validate e caricate sul Database saranno inviate o caricate su link o piattaforme dedicate, il giorno successivo alla lettura stessa

Mensilmente sarà messo a disposizione un report tecnico sull'andamento del monitoraggio:

- caratteristiche della postazione di monitoraggio e del sito in esame;
- attività svolte e dati acquisiti;
- risultati derivanti dall'analisi dei dati acquisiti;
- interpretazione dei risultati.

21.6.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

22 ACQUISIZIONE E TRASMISSIONE DEI DATI

Nell'ambito del monitoraggio geotecnico, le misure dei vari strumenti possono essere effettuate in due modalità:

- Misure manuali;

- Misure automatiche.

Le misure manuali si effettuano direttamente sul posto utilizzando lo strumento di acquisizione più idoneo (centraline portatili, sonde, comparatori, freatimetri, ecc.).

Le misure automatiche si effettuano, invece, mediante apposite Unità di Acquisizione Dati (UAD) o Dataloggers. Tali unità vengono solitamente installate in un punto sicuro e al riparo da eventuali interferenze e sono deputate all'acquisizione dei dati dei vari strumenti di monitoraggio mediante collegamenti diretti con cavi multipolari o mediante trasmissione wireless.

L'automatizzazione è possibile solo in caso di utilizzo di strumenti tipo sensori. Pertanto alcuni strumenti (es. piezometri di Casagrande o a tubo aperto, inclinometri in ABS o alluminio, estensimetri multibase, ecc.) per essere automatizzati hanno bisogno di essere centralizzati mediante appositi sensori (trasduttori di pressione, trasduttori di spostamento, ecc.).

A loro volta le UAD si possono suddividere in due gruppi principali a seconda del tipo di comunicazione con i vari strumenti di monitoraggio:

- Dataloggers collegati tramite cavi multipolari;
- Dataloggers wireless.

Al primo gruppo fa riferimento la voce di capitolato "DATALOGGER" (cod. IG.10.130.001), mentre al secondo gruppo fa riferimento la voce di capitolato "UNITÀ WIRELESS E GATEWAY" (cod. IG.10.130.005).

A prescindere dalla tecnologia adottata per l'acquisizione dei dati, gli stessi verranno trasmessi ad un Server dedicato tramite un apposito Sistema di Trasmissione Dati GSM/GPRS interno alla UAD.

I dati trasmessi al server saranno poi emessi secondo due modalità principali:

- Emissione dati CON piattaforma web di distribuzione dati (SDD – Sistema Distribuzione Dati);
- Emissione dati SENZA piattaforma web di distribuzione dati (SDD).

È onere dell'affidatario incaricato di gestire e trasmettere i dati, la verifica e tempestiva comunicazione di qualsiasi problematica inerente l'assenza dei dati anche per brevi periodi (ad es. per mancanza di alimentazione degli strumenti di monitoraggio in sito, rottura degli strumenti, rottura dei cavi, ecc.) con descrizione del tipo di problematica e la stima dei tempi di ripristino.

Si dovrà prevedere l'installazione delle varie Unità di Acquisizione Dati (UAD) in punti sicuri e di facile accesso alle operazioni di manutenzione.

Dovrà essere verificata la congruenza dei dati acquisiti dalle UAD raffrontando i valori emessi direttamente dai vari strumenti con quelli emessi dalle UAD a seguito dei collegamenti.

Occorre che l'Affidatario prenda la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

22.1 DATALOGGER

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.130.001 "DATALOGGER"
- IG.10.130.001.1 "fornitura e posa in opera"
- IG.10.130.001.2 "nolo mensile o frazione"
- IG.10.130.001.3 "assistenza al nolo"
- IG.10.130.010 "MISURE TRAMITE UAD"
- IG.10.130.010.1 "emissione dati CON piattaforma web di distribuzione dati (SDD)"
- IG.10.130.010.5 "emissione dati SENZA piattaforma web di distribuzione dati (SDD)"

Per l'acquisizione in automatico e la trasmissione dei dati strumentali di monitoraggio.

Dovrà essere garantita una Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,01\%$ FS, un *range* sulle temperature di esercizio di almeno $-30^{\circ}\text{C} / +70^{\circ}\text{C}$ e una protezione almeno IP67.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. telaio di supporto, strutture di fissaggio, staffe, armadietto, schede di acquisizione dati/centralizzazione, cavi di collegamento interni e di alimentazione, connettori, antenna, modulo e sistema trasmissione dati GSM/GPRS, software, ecc.).

Nel caso di "NOLO MENSILE O FRAZIONE" (cod. IG.10.130.001.2) nel costo non è inclusa l'installazione del Datalogger, che sarà quindi computata a parte con apposita voce di elenco ("SQUADRA DI TECNICI PER MONITORAGGIO ..." cod. IG.10.0D).

Nell' "ASSISTENZA AL NOLO" (cod. IG.10.130.001.3) il costo è relativo all'assistenza di personale specializzato per la corretta gestione e funzionalità del sistema. È incluso altresì la manutenzione del sistema (con risoluzione di eventuali malfunzionamenti) e la segnalazione di eventuale malfunzionamenti dei sensori ad esso collegati.

Le varie UAD dovranno essere obbligatoriamente munite di batteria tampone per sopperire all'eventuale mancanza temporanea di alimentazione elettrica.

22.1.1 Descrizione

I Dataloggers sono delle Unità Acquisizione Dati deputate, in un sistema di centralizzazione della rete di monitoraggio, al ricevimento e alla trasmissione dei dati verso un Server dedicato.

Il collegamento con i vari strumenti di monitoraggio avviene mediante cavi multipolari aventi specifiche caratteristiche qualitative.

I Datalogger sono composti da una struttura ad armadietto o a scatola, montata su un adeguato telaio di supporto ed alimentata direttamente alla rete elettrica o tramite pannelli solari dedicati.

All'interno dell'armadietto è presente una serie di componenti quali: schede di acquisizione dati/centralizzazione, cavi di collegamento e di alimentazione, connettori, antenna, modulo e sistema trasmissione dati GSM/GPRS, ecc.

I Dataloggers possono contenere una o più schede di acquisizione dette multiplexer (o MUX). Ogni MUX è composto da un numero variabile di canali (generalmente sino ad un massimo di 32 canali). Il numero di canali che saranno occupati è dipendente dal numero e dal tipo di strumenti collegati. Alcuni strumenti trasmettono il segnale tramite 2 coppie di cavi (cavo multipolare a 2 coppie), altri tramite 3 coppie, ecc. Quindi, a seconda dei casi, ogni strumento potrà occupare uno, due o più canali del MUX.

Per aumentare la capacità del Datalogger di acquisire un numero più elevato di strumenti basterà aumentare al suo interno il numero di Schede Multiplexer (generalmente massimo 6).

I Datalogger verranno pertanto suddivisi in base alla loro "capacità" di leggere un determinato numero di strumenti. Tale "capacità" è espressa dal numero totale di canali presenti sul singolo Datalogger.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale armadietto acciaio inox o alluminio o plastica
- grado di protezione IP67
- precisione totale $\pm 0,01\%$ FS
- campo di temperatura - 30 °C / + 70 °C

22.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento sia adeguato, in termini di capacità di misura, alla tipologia ed alla quantità di strumenti ad esso collegati;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;

- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile;
- evitare di installare il Datalogger in prossimità di cavi dell'alta tensione o altre possibili fonti di interferenza del segnale;
- assemblare in laboratorio tutte le componenti interne per facilitare le operazioni di installazione su campo;
- Predisporre a ridosso della UAD un sistema di alimentazione, o mediante corrente diretta o installando un pannello solare.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- tutte le operazioni sulla UAD andranno eseguite scollegando preventivamente l'alimentazione elettrica;
- installare il telaio di supporto in un punto sicuro e di facile accesso. Prediligere una posizione defilata e lontana da fonti di interferenza. Ancorare il telaio al terreno o ad una parete mediante tasselli ad espansione o barre filettate solidarizzate con cemento o resina epossidica;
- inserire i cavi nell'armadietto dall'apposito passaggio munito di strozzacavi;
- verificare, prima di collegare i cavi multipolari ai relativi MUX, che il segnale dei vari strumenti sia stabile e i dati congruenti;
- collegare le coppie dei vari cavi multipolari sui rispettivi canali dei MUX e annotare tutti i collegamenti su un apposito modulo;
- collegare la UAD all'alimentazione elettrica;
- verificare la funzionalità del modulo di trasmissione dati;
- effettuare uno scarico dei dati e in caso di malfunzionamento o errori nelle letture, mettere in pratica quanto necessario a risolvere il problema.

Misure

Le misure verranno effettuate mediante l'invio dei dati dalla UAD direttamente ad un Server dedicato.

I dati confluiranno quindi all'interno di un CED (Centro Elaborazione Dati) e potranno essere emessi o mediante un apposito Sistema di Distribuzione Dati (SDD) o mediante l'invio di report in formato cartaceo o digitale (.pdf, .doc, .csv, ecc.).

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi ai vari strumenti (nome, posizione rispetto alla struttura, quote, data della misura di zero, ecc.);

- grafici e tabulati dei diversi valori misurati nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni dei valori e sulle possibili cause.

22.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero dei vari strumenti;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

22.2 UNITÀ WIRELESS E GATEWAY

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.130.005 "UNITÀ WIRELESS E GATEWAY"
- IG.10.130.005.1 "fornitura e posa in opera"
- IG.10.130.005.2 "nolo mensile o frazione"
- IG.10.130.005.3 "assistenza al nolo"
- IG.10.130.010 "MISURE TRAMITE UAD"
- IG.10.130.010.1 "EMISSIONE DATI CON PIATTAFORMA WEB DI DISTRIBUZIONE DATI (SDD)"
- IG.10.130.010.5 "EMISSIONE DATI SENZA PIATTAFORMA WEB DI DISTRIBUZIONE DATI (SDD)"

La presente voce è relativa ai Dataloggers wireless per l'acquisizione/trasmissione senza fili dei dati strumentali di monitoraggio. I Dataloggers wireless prevedono un collegamento di tipo: strumento-unità wireless-gateway.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. telaio di supporto, strutture di fissaggio, staffe, armadietto, schede di acquisizione dati/centralizzazione, cavi di

collegamento interni e di alimentazione, connettori, antenna, modulo e sistema trasmissione dati GSM/GPRS, software, ecc.).

Nel caso di "NOLO MENSILE O FRAZIONE" (cod. IG.10.130.005.2) nel costo non è inclusa l'installazione del Datalogger, che sarà quindi computata a parte con apposita voce di elenco ("SQUADRA DI TECNICI PER MONITORAGGIO ..." cod. IG.10.0D).

Nell' "ASSISTENZA AL NOLO" (cod. IG.10.130.005.3) il costo è relativo all'assistenza di personale specializzato per la corretta gestione e funzionalità del sistema. È incluso altresì la manutenzione del sistema (con risoluzione di eventuali malfunzionamenti) e la segnalazione di eventuale malfunzionamenti dei sensori ad esso collegati.

Le varie UAD dovranno essere obbligatoriamente munite di batteria tampone per sopperire all'eventuale mancanza temporanea di alimentazione elettrica.

22.2.1 Descrizione

I Dataloggers wireless sono delle Unità Acquisizione Dati deputate, in un sistema di centralizzazione della rete di monitoraggio, al ricevimento e alla trasmissione dei dati verso un Server dedicato.

Il collegamento con i vari strumenti di monitoraggio avviene mediante tecnologia wireless. Ogni strumento di monitoraggio trasmette i propri dati ad una centralina Gateway mediante delle unità wireless dedicate.

Le componenti sono così composte:

- UNITÀ WIRELESS. Provvede all'acquisizione dei dati di uno o più sensori (di solito massimo 4) e li invia in tempo reale all'unità GATEWAY. Le unità wireless sono digitalizzatori ad alta precisione con bassissimo consumo e capacità di trasmissione fino a 15 km;
- UNITÀ GATEWAY. Unità di centralizzazione e trasmissione dati mediante rete GSM/GPRS. I dati strumentali inviati dalle diverse unità wireless vengono da qui trasmessi al server principale e successivamente elaborati.

I Dataloggers wireless sono composti da una struttura ad armadietto o a scatola, montata su un adeguato telaio di supporto ed alimentata direttamente alla rete elettrica o tramite pannelli solari dedicati.

All'interno dell'armadietto è presente una serie di componenti quali: schede di acquisizione dati/centralizzazione, cavi di collegamento e di alimentazione, connettori, antenna, modulo e sistema trasmissione dati GSM/GPRS, ecc..

Caratteristiche tecniche minime

- UNITÀ WIRELESS
 - tipo nodo a 2 o 4 canali
 - accuratezza voltaggio +/- 0,05 % FS

- accuratezza potenziometro +/- 0,02 % FS
- grado di protezione IP67
- UNITÀ GATEWAY
 - materiale armadietto acciaio inox o alluminio o plastica
 - potenza nominale 3W
 - tipo di modem 3G integrato
 - Temperatura di esercizio - 20 / + 60 °C
 - grado di protezione IP67

22.2.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento sia adeguato, in termini di capacità di misura, alla tipologia ed alla quantità di strumenti ad esso collegati;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile;
- evitare di installare il Datalogger in prossimità di cavi dell'alta tensione o altre possibili fonti di interferenza del segnale;
- assemblare in laboratorio tutte le componenti interne per facilitare le operazioni di installazione su campo;
- predisporre a ridosso dell'unità Gateway un sistema di alimentazione, o mediante corrente diretta o installando un pannello solare;
- verificare la carica delle batterie delle unità wireless.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- tutte le operazioni sulla UAD andranno eseguite scollegando preventivamente l'alimentazione elettrica;
- installare il telaio di supporto in un punto sicuro e di facile accesso. Prediligere una posizione defilata e lontana da fonti di interferenza. Ancorare il telaio al terreno o ad una parete mediante tasselli ad espansione o barre filettate solidarizzate con cemento o resina epossidica;
- installare in prossimità dei vari strumenti di monitoraggio le diverse unità wireless;

- verificare, prima di ogni collegamento, che il segnale dei vari strumenti sia stabile e i dati congruenti;
- predisporre il collegamento Wi-Fi tra le varie unità wireless e l'unità Gateway;
- alimentare l'unità Gateway;
- verificare la funzionalità del modulo di trasmissione dati;
- effettuare uno scarico dei dati e in caso di malfunzionamento o errori nelle letture, mettere in pratica quanto necessario a risolvere il problema.

Misure

Le misure verranno effettuate mediante l'invio dei dati dalla UAD direttamente ad un Server dedicato.

I dati confluiranno quindi all'interno di un CED (Centro Elaborazione Dati) e potranno essere emessi o mediante un apposito Sistema di Distribuzione Dati (SDD) o mediante l'invio di report in formato cartaceo o digitale (.pdf, .doc, .csv, ecc.).

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi ai vari strumenti (nome, posizione rispetto alla struttura, quote, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati dei diversi valori misurati nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni dei valori e sulle possibili cause.

22.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero dei vari strumenti;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

22.3 MISURE TRAMITE UAD

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.130.010 "MISURE TRAMITE UAD"
- IG.10.130.010.1 "emissione dati CON piattaforma web di distribuzione dati (SDD)"
- IG.10.130.010.1.1 "per numero di strumenti caricati < 200"
- IG.10.130.010.1.2 "per numero di strumenti caricati da ≥ 200 a < 500"
- IG.10.130.010.1.3 "per numero di strumenti caricati ≥ 500 "
- IG.10.130.010.5 "emissione dati SENZA piattaforma web di distribuzione dati (SDD)"
- IG.10.130.010.5.a "per numero di strumenti caricati < 200"
- IG.10.130.010.5.b "per numero di strumenti caricati da ≥ 200 a < 500"
- IG.10.130.010.5.c "per numero di strumenti caricati ≥ 500 "

La presente voce è relativa all'emissione dei dati di monitoraggio acquisiti tramite qualsiasi UAD (Unità Acquisizione Dati) fissa, sia che si tratti di Datalogger collegati con cavi multipolari che di Datalogger wireless.

Tale voce non include le letture dei vari strumenti effettuate manualmente tramite centraline portatili, sonde, comparatori, freatimetri, ecc..

L'emissione del dato è suddivisa in base al numero di strumenti che complessivamente sono trasmessi e successivamente caricati sul Server principale da tutte le UAD presenti sul sito di monitoraggio.

L'utilizzo del sistema di emissione dei dati tramite SDD sarà computato solo se espressamente richiesto o approvato da ANAS.

Nel caso di utilizzo di piattaforma web SDD, oltre al costo mensile di emissione dei dati, sarà previsto un costo di approntamento (incluso il primo mese di emissione dati) per adeguare la piattaforma alle specifiche del sito di monitoraggio. L'affidatario dovrà provvedere alla personalizzazione della piattaforma, secondo le esigenze indicate da ANAS, senza ulteriori costi.

22.3.1 Descrizione

Nell'emissione dei dati di monitoraggio sono previste due specifiche voci:

- emissione dati CON piattaforma web di distribuzione dati (SDD);
- emissione dati SENZA piattaforma web di distribuzione dati (SDD).

[EMISSIONE DATI CON PIATTAFORMA WEB DI DISTRIBUZIONE DATI \(SDD\)](#)

Nel prezzo del servizio è compreso l'approntamento e la gestione della piattaforma per ogni singolo sito, per tutta la durata del monitoraggio.

Le frequenze di lettura e di caricamento saranno stabilite di volta in volta in base alle esigenze progettuali.

Il Sistema di Distribuzione Dati (SDD) è inteso come mezzo di visualizzazione ed interrogazione dei dati di monitoraggio di un Centro Elaborazione Dati (CED).

Il costo del servizio dovrà necessariamente includere:

- caricamento e validazione dei dati di monitoraggio;
- aggiornamento e implementazione delle mappe;
- assistenza;
- attivazione delle utenze;
- tutte le verifiche e le manutenzioni per offrire un servizio efficiente e perfettamente funzionante e costantemente aggiornato;
- attivazione, verifica e manutenzione dei sistemi di warning;
- verifica e tempestiva comunicazione di qualsiasi problematica inerente l'assenza dei dati anche per brevi periodi (ad es. per mancanza di alimentazione degli strumenti di monitoraggio in sito, rottura degli strumenti, rottura dei cavi, ecc.) con descrizione del tipo di problematica e la stima dei tempi di ripristino.

Ad ogni strumento dovranno essere obbligatoriamente associati documenti quali:

- scheda di installazione (con dettagli sull'installazione e sulle specifiche dello strumento e con foto sia di dettaglio che a distanza);
- scheda di taratura (se prevista);
- dati ad esso associati;
- eventi legati allo strumento.

Ad ogni strumento sarà obbligatorio associare una nota riportante tutti gli eventi significativi legati allo strumento durante il corso del monitoraggio.

L'utilizzo del sistema di emissione dei dati tramite SDD sarà computato solo se espressamente richiesto o approvato da ANAS.

L'affidatario dovrà provvedere alla personalizzazione della piattaforma secondo le esigenze indicate da ANAS.

[EMISSIONE DATI SENZA PIATTAFORMA WEB DI DISTRIBUZIONE DATI \(SDD\)](#)

Nel prezzo del servizio è compreso l'emissione dei dati di monitoraggio mediante invio delle elaborazioni in formato cartaceo o digitale (.pdf, .doc, ecc.).

Le frequenze di lettura e di caricamento saranno stabilite di volta in volta in base alle esigenze progettuali.

Il costo del servizio dovrà necessariamente includere:

- elaborazione e validazione dei dati di monitoraggio;
- assistenza;
- tutte le verifiche e le manutenzioni per offrire un servizio efficiente e perfettamente funzionante e costantemente aggiornato;
- attivazione, verifica e manutenzione dei sistemi di warning;
- verifica e tempestiva comunicazione di qualsiasi problematica inerente l'assenza dei dati anche per brevi periodi (ad es. per mancanza di alimentazione degli strumenti di monitoraggio in sito, rottura degli strumenti, rottura dei cavi, ecc.) con descrizione del tipo di problematica e la stima dei tempi di ripristino.

Con la prima emissione ad ogni strumento dovranno essere obbligatoriamente associati documenti quali:

- scheda di installazione (con dettagli sull'installazione e sulle specifiche dello strumento e con foto sia di dettaglio che a distanza);
- scheda di taratura (se prevista);
- dati ad esso associati.

Nei successivi invii sarà obbligatorio associare una nota riportante tutti gli eventi significativi legati allo strumento durante il corso del monitoraggio.

22.3.2 Modalità esecutive

Per le specifiche inerenti l'architettura della piattaforma SDD e sulla gestione e passaggio delle informazioni si rimanda alle "Linee Guida sul Monitoraggio Geotecnico" di ANAS.

Il sistema SDD dovrà prevedere un sistema di archiviazione dati su database SQL o equivalente, garantendo la totale sicurezza dei dati.

La piattaforma web di gestione dovrà avere le seguenti funzionalità:

- consentire l'accesso alle informazioni solamente agli utenti autorizzati;
- archiviare e visualizzare tutti i documenti;
- archiviare e visualizzare le tavole di progetto;
- visualizzare gli elaborati relativi al monitoraggio;

- raggruppare gli elaborati secondo una struttura logica;
- consentire il download degli elaborati;
- visualizzare le informazioni all'interno di una planimetria (GIS).

Il sistema di gestione dati dovrà garantire la riservatezza delle informazioni attraverso un accesso protetto da password fornito esclusivamente agli utenti autorizzati. Inoltre dovrà consentire la corretta archiviazione di tutti i documenti, dalle tavole di progetto alle relazioni tecniche con possibilità di visualizzazione online.

Infine, si potrà avere la possibilità d'interagire con la planimetria dell'area, visualizzando i diversi "layers" (isolinee e stradale), la planimetria dell'intervento e la posizione degli strumenti di monitoraggio. All'occorrenza, dovrà essere pensato per gestire in tempo reale su sito Web i dati generati con macchine di scavo meccanizzate.

Il Sistema SDD dovrà presentare almeno le seguenti peculiarità:

- la banca dati risiederà fisicamente su un unico computer ma sarà consultabile a chiunque abbia una connessione internet, secondo diversi livelli di accesso e conseguentemente di disponibilità delle informazioni;
- qualsiasi utente avrà accesso al sistema senza la necessità di avere i software dedicati installati sul suo computer ma utilizzando i programmi residenti sul server;
- si dovrà prevedere almeno la realizzazione di due postazioni, una ubicata in area locale e una presso l'entità che gestisce il server Web.

Misure

Le misure verranno effettuate mediante l'invio dei dati dalla UAD direttamente ad un Server dedicato.

I dati confluiranno quindi all'interno di un CED (Centro Elaborazione Dati) e potranno essere emessi o mediante un apposito Sistema di Distribuzione Dati (SDD) o mediante l'invio di report in formato cartaceo o digitale (.pdf, .doc, .csv, ecc.).

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi ai vari strumenti (nome, posizione rispetto alla struttura, quote, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati dei diversi valori misurati nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni dei valori e sulle possibili cause.

22.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero dei vari strumenti;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

23 DISINSTALLAZIONE STRUMENTI

Nell'ambito del monitoraggio geotecnico e geomorfologico è necessario prevedere non solo le più comuni fasi di installazione, lettura ed emissione dei dati, ma anche tutte quelle attività necessarie una volta che il monitoraggio sia terminato.

A completamento di un monitoraggio, che può durare pochi mesi o molti anni, potrebbe essere necessario provvedere alla disinstallazione degli strumenti precedentemente installati.

In alcuni casi tali strumenti non saranno più utilizzabili (perché magari non più funzionanti), in altri potrebbe essere possibile prevederne lo stoccaggio in previsione di un futuro riutilizzo.

Tutti gli strumenti funzionanti dovranno essere restituiti ad ANAS, mentre gli strumenti non più funzionanti saranno smaltiti secondo le disposizioni di legge vigenti al momento della disinstallazione.

A seguito della disinstallazione, e prima dell'eventuale smaltimento a discarica degli strumenti rotti, l'affidatario dovrà indicare la funzionalità o meno dei vari strumenti. ANAS si riserva di effettuare, per gli opportuni riscontri, la verifica di funzionalità della strumentazione.

La voce di prezzo delle disinstallazioni si riferisce unicamente a strumenti, di proprietà ANAS, per cui è stata prevista la fornitura e la posa in opera.

La voce "disinstallazioni" non si applica in alcun modo alla strumentazione a noleggio.

Occorre che l'Affidatario prenda la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

Prima di procedere alla disinstallazione degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

L'Affidatario è ritenuto responsabile di tutti gli eventuali danni che la strumentazione dovesse subire durante le fasi di disinstallazione.

È onere dell'affidatario il ripristino, a regola d'arte, di tutti i luoghi o punti di disinstallazione.

23.1 DISINSTALLAZIONE DI STRUMENTAZIONE RECUPERABILE AL TERMINE DEL MONITORAGGIO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.190.001** "DISINSTALLAZIONE DI STRUMENTAZIONE RECUPERABILE AL TERMINE DEL MONITORAGGIO"
- **IG.10.190.001.a** "tipo A"
- **IG.10.190.001.b** "tipo B"
- **IG.10.190.001.c** "tipo C"

Nelle fasi di disinstallazione dovranno essere usate tutte le accortezze per garantire l'integrità della strumentazione. L'Affidatario è ritenuto responsabile di tutti gli eventuali danni che la strumentazione dovesse subire durante le fasi di disinstallazione.

Per le modalità di restituzione/stoccaggio del materiale disinstallato ci si dovrà riferire ad eventuali prescrizioni che saranno stabilite di volta in volta con ANAS.

Sarà cura dell'affidatario trasportare la strumentazione nel punto di stoccaggio designato di volta in volta. In tale fase la strumentazione dovrà essere riposta con la massima cura e protetta da eventuali urti durante la fase di trasporto.

23.1.1 Descrizione

A seconda della tipologia di strumento è prevista una suddivisione in tre gruppi:

- TIPO A
- TIPO B
- TIPO C

TIPO A

Fanno parte di questo gruppo:

- trasduttori di pressione
- trasduttori di spostamento
- sonde inclinometriche fisse
- celle di carico

- celle di pressione
- fessurimetri
- estensimetri a filo
- clinometri
- coordinometri
- termometri
- accelerometri
- miniprismi
- target riflettenti
- capisaldi topografici
- staffe livellometriche
- nastri livellometrici
- stazioni totali
- unità wireless
- gateway

TIPO B

Fanno parte di questo gruppo:

- pendoli
- UAD - Datalogger
- stazioni meteo
- pannelli solari

TIPO C

Fanno parte di questo gruppo:

- cavi
- tubi idraulici

23.1.2 Modalità esecutive

Eeguire le disinstallazioni attenendosi alle istruzioni dei vari produttori.

Le disinstallazioni dovranno essere effettuate da personale specializzato secondo le specifiche di ogni singolo strumento e verificando che lo strumento non presenti lesioni o difformità.

23.1.3 Documentazione finale

- Report con la quantità e la tipologia degli strumenti disinstallati. Dovrà altresì essere indicato, per ogni strumento, lo stato qualitativo al momento della disinstallazione ed il punto di stoccaggio individuato con ANAS.

PARTE TERZA – INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

24 PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI

L'oggetto della presente Sezione del Capitolato concerne le attività di indagine sia diretta che indiretta in situ per la definizione dei caratteri litologici, stratigrafici, idrogeologici e delle proprietà geotecniche del volume di terreno rappresentativo per l'opera in progetto.

Le risultanze di tali indagini permettono di collezionare una banca dati fondamentale, in quanto forniscono quei parametri sito specifici sulla base dei quali vengono dimensionate le opere e gli interventi in progetto.

Per tali ragioni l'Affidatario è obbligato a garantire la presenza in cantiere, a tempo pieno, di un tecnico qualificato (Geologo o Ingegnere Geotecnico), iscritto all'Albo professionale, con la qualifica di "Responsabile di cantiere". Egli curerà e coordinerà l'esecuzione delle indagini, sovrintenderà all'esecuzione delle prove in situ, alla misurazione del livello statico della falda nei fori di sondaggio, provvederà alla redazione delle stratigrafie, secondo i contenuti minimi e le prescrizioni di cui al presente capitolato, al prelievo e al confezionamento dei campioni da tramettere ai laboratori, alla compilazione dei dati di cantiere e alla loro trasmissione e risponderà della qualità di esecuzione delle indagini stesse (scelta delle modalità esecutive adottate, confezionamento delle cassette, completezza e qualità dei dati restituiti). Egli avrà inoltre il compito di avvertire tempestivamente l'ANAS di eventuali esigenze di modifiche, variazioni e spostamenti rispetto al programma d'indagine approvato. Tali modifiche non potranno essere eseguite in assenza di autorizzazione formale da parte dell'ANAS.

L'Affidatario sarà tenuto a comunicare all'ANAS, all'atto della consegna dei servizi, il nominativo ed i riferimenti del Responsabile di cantiere, la data prevista di effettivo inizio degli stessi e il cronoprogramma delle attività.

Dovrà essere redatto un Rapporto Tecnico Conclusivo, nel quale verranno descritte le metodologie di indagine applicate, le attrezzature impiegate, i riferimenti alle norme e alle procedure adottate per la conduzione delle prove, con commento e presentazione dei risultati delle indagini geognostiche e delle prove in situ.

Allegati al rapporto saranno:

- la planimetria ubicativa dei punti di indagine;
- le stratigrafie delle perforazioni di sondaggio, le relative fotografie (delle cassette catalogatrici, delle postazioni);

- le stratigrafie dei pozzetti geognostici, le relative fotografie (della postazione, dello scavo e dell'apparato per la prova di carico su piastra, compresa l'evidenza del mezzo o del sistema di contrasto impiegato) ed i certificati di prova delle prove di carico su piastra;
- il collaudo della strumentazione geotecnica installata;
- restituzione in forma di rapporto, di tavola grafica, di scheda e/o di tabella delle risultanze delle prove penetrometriche statiche e dinamiche, delle prove di permeabilità condotte negli ammassi rocciosi e nei terreni, delle prove dilatometriche, delle prove pressiometriche e di ogni ulteriore rilievo e prova geotecnica realizzata in situ;
- la documentazione fotografica dei siti;
- il Rapporto tecnico sui rilievi planoaltimetrici.

Saranno considerati a carico dell'Affidatario:

- l'approntamento delle attrezzature di sondaggio e del cantiere geognostico ed il loro posizionamento sui punti d'indagine;
- il trasporto in andata e ritorno di attrezzature e personale al sito di cantiere.

Ogni gruppo sonda, posizionato in corrispondenza del singolo punto di sondaggio, dovrà essere corredato dalla completa dotazione di attrezzature, utensili ed accessori necessari ad attraversare, campionare e caratterizzare qualsiasi tipo di terreno (carotieri e corone di diversa lunghezza e tipo, rivestimenti, campionatori ordinari tipo Shelby, rotativi tipo Denison, idraulici tipo Osterberg, maglio SPT ed apposite aste di lunghezza adeguata, ecc.).

Nel corso delle perforazioni sarà di norma privilegiato l'impiego di carotieri doppi o tripli, indispensabili ovunque si preveda la presenza di formazioni complesse e strutturate (flysch, metamorfite, scisti, ecc.) e comunque litoidi, al fine di ottenere un recupero il più possibile rappresentativo della struttura dei terreni attraversati. Per l'attraversamento di terreni litoidi intensamente fratturati sarà prescritto l'utilizzo di carotieri tripli, apribili longitudinalmente (tipo T6S). L'impiego del carotiere semplice, di norma, sarà limitato alla perforazione di terreni omogenei recenti (argille, limi, ecc.) e comunque previa approvazione dell'ANAS. Non è di norma consentita, se non in terreni a struttura manifestamente omogenea, l'esecuzione di manovre con carotieri di lunghezza superiore a m 1.50.

Qualora la qualità e la percentuale di carotaggio, a giudizio insindacabile dell'ANAS, non rispettassero i requisiti minimi previsti dalle Norme Tecniche, i relativi tratti verranno compensati applicando ad essi, in luogo della voce a carotaggio continuo, la corrispondente voce a distruzione di nucleo.

E' previsto a carico dell'Affidatario il montaggio del cantiere, consistente nell'allestimento di un'area da dedicare a deposito, magazzino e officina, e sulla quale potranno eventualmente, in base all'entità del cantiere, essere eretti opportuni baraccamenti. In tale area si provvederà, all'arrivo delle attrezzature, al loro montaggio e verifica, precedentemente all'invio sulla prima postazione.

Le profondità di perforazione saranno valutate dal piano d'imposta dell'attrezzatura. Nell'importo a misura previsto, relativo alla perforazione, è compreso qualsiasi onere ed in particolare quelli di seguito elencati e relativi:

- alla fornitura o al noleggio di un idoneo mezzo di approvvigionamento di acqua necessaria alle perforazioni, qualora questa non sia reperibile nelle immediate vicinanze del sondaggio;
- all'eventuale preparazione di vasche di recupero dei fanghi (che saranno fuori terra), e all'utilizzazione di eventuali tubazioni e manichette per l'approvvigionamento idrico da acquedotto o da altra sorgente d'acqua;
- alla guardiania e custodia delle attrezzature di rilevazione installate, delle cassette catalogatrici e dei campioni prelevati al fine di garantirne la validità ed attendibilità per tutto il periodo di rilevazione previsto;
- alle indennità di occupazione ed ai danni comunque provocati per le esecuzioni del sondaggio e per le operazioni connesse;
- alle eventuali soste disposte, con ordine di servizio, dall'ANAS;
- all'allontanamento dei detriti estratti, all'eventuale riempimento a chiusura, anche con argilla fluidificata e boiaccia di cemento, del foro eseguito ed al ripristino delle condizioni;
- al trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta comunque connessi con le attività di sondaggio;
- alla realizzazione delle opere di drenaggio necessarie a garantire il regolare deflusso delle acque superficiali al fine di evitare inconvenienti ai sondaggi in corso e di prevenire possibili danni alle aree limitrofe a quelle di lavoro;
- alla prestazione del personale tecnico e della manovalanza, alla fornitura ed all'impiego di energia, di combustibile, di acqua, di cemento, di fanghi bentonitici, di additivi, di sacchetti per la conservazione dei campioni, delle cassette catalogatrici ed all'impiego di pompe e di eventuali tubazioni di rivestimento;
- ai perditempi relativi ed agli oneri particolari derivanti dall'estrazione e conservazione in cantiere, per tutta la durata dei lavori, dei campioni estratti chiusi in sacchetti di plastica e collocati con le indicazioni necessarie entro le apposite cassette catalogatrici;
- all'esecuzione del foro di sonda con sistemi, materiali od attrezzature, tali da impedire frane nel foro stesso e garantire la sua accessibilità completa;
- all'eventuale lavaggio dei fori ed alla rimozione ed allontanamento dei detriti;
- al rilievo completo delle caratteristiche delle falde di acqua eventualmente incontrate con il sondaggio;

- alla cementazione del sondaggio, una volta completato, con materiali idonei, da approvigionare (sabbia/ghiaia) additivati con malta idraulica e cementizia, al fine di impedire infiltrazioni di acqua nel sottosuolo;
- alla movimentazione delle cassette catalogatrici ed al prelievo successivo, da queste, di campioni rimaneggiati e/o spezzoni di carota.

L'Affidatario provvederà agli spostamenti da un foro all'altro, all'eventuale fornitura dei mezzi di trasporto e traino, alla formazione delle vasche per i fanghi di circolazione, al montaggio sul posto dell'attrezzatura stessa.

Di seguito si richiama l'attenzione su alcuni oneri particolari cui l'Affidatario è tenuto, in quanto compresi nel compenso complessivo previsto:

- provvedere alla lettura di "zero" ed alla redazione del collaudo della strumentazione geotecnica installata (piezometri, inclinometri, assestimetri, estensimetri, altro);
- fornire la documentazione e le specifiche tecniche relative all'attrezzatura penetrometrica, dilatometrica, pressiometrica e per prove di permeabilità in foro, da utilizzare;
- fornire la documentazione, le specifiche tecniche e la certificazione di taratura aggiornata dei martinetti, relative all'attrezzatura per le prove di carico su piastra;
- garantire la perfetta efficienza dell'attrezzatura installata ed il completamento del foro, per l'esecuzione delle prospezioni geofisiche;
- curare la redazione dei rapporti da sottoscrivere e della restante documentazione prevista.

Analogamente, gli oneri previsti per il prelievo dei campioni indisturbati includono:

- la scelta e l'utilizzo del campionatore più idoneo per le litologie incontrate;
- la completa pulizia del fondo foro prima del prelievo;
- la sigillatura del contenitore del campione con idonei mezzi atti a garantire l'impermeabilità;
- l'etichettatura dello stesso;
- la fornitura della fustella.

L'Affidatario dovrà garantire, a propria cura e spese, idonea conservazione in luogo adatto, di tutti i campioni di terreno prelevati.

La spedizione di campioni dal cantiere al laboratorio geotecnico, accreditato ed inserito nell'elenco depositato presso il C.S.LL.PP. alle categorie A (prove su terre) e B (prove su rocce), verrà effettuata a cura e spese dell'Affidatario, con il mezzo più rapido atto a contenere il disturbo recato ai campioni stessi. qualora il campione non venga recuperato per obiettive difficoltà proprie del terreno da campionare la manovra dovrà essere ripetuta a cura e spese dell'Affidatario.

Il prelievo di spezzoni di carota di consistenza litoide da cassetta verrà compensato con il prezzo relativo al prelievo di campioni rimaneggiati.

L'Affidatario è inoltre tenuto a predisporre a propria cura e spese, per l'intera durata del cantiere geognostico e nelle vicinanze dello stesso, un deposito coperto e protetto dalle intemperie, idoneo alla conservazione delle cassette catalogatrici contenenti le carote dei sondaggi eseguiti ed alla loro protezione dagli agenti atmosferici, garantendone l'accesso in qualsiasi momento al personale ANAS. In occasione dei sopralluoghi ispettivi le cassette dovranno essere disposte a terra in sequenza progressiva. In tale deposito le cassette dovranno essere trasportate e conservate sotto la responsabilità dell'Affidatario, fino a che non siano trascorsi 60 (sessanta) giorni dalla data di ultimazione dei servizi; trascorso tale termine queste verranno collocate definitivamente nei siti indicati dall'ANAS o smaltite a cura ed onere dell'Affidatario. Durante tale periodo l'Affidatario garantirà, su richiesta dell'ANAS, la disponibilità all'eventuale prelievo di campioni rimaneggiati aggiuntivi o altre analisi/determinazioni.

Per le perforazioni di sondaggio ed i pozzetti esplorativi, verranno fornite le schede stratigrafiche contenenti tutte le informazioni ricavate nel corso del sondaggio (quota bocca foro, litologia e caratteri dei terreni, percentuale di recupero, livello della falda, campionatori utilizzati, quote di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove in situ, di installazione di strumentazione geotecnica, valori di resistenza al penetrometro tascabile, valori dell'R.Q.D., ecc.). Per ogni sondaggio e pozzetto dovranno essere allegate in formato digitale (formato immagine tipo .tif, .jpg, .png, ecc.) le fotografie a colori della postazione della sonda o dell'escavatore, delle cassette catalogatrici e dello scavo del pozzetto. Le cassette dovranno essere fotografate entro 24 ore dal loro completamento con l'apposizione di scala cromatica di riferimento. Le carote terebrate in terreni dovranno essere scortecciate, quelle in terreni litoidi lavate. E' richiesta la completa leggibilità di tutti i dati riportati sulla cassetta e una visione chiara delle carote in esse contenute. Il confezionamento delle cassette prevedrà l'indicazione del cantiere, del codice identificativo del sondaggio e delle quote effettive di perforazione, nonché l'inserimento di testimoni in corrispondenza dei tratti interessati da campionamento e dall'esecuzione di prove in foro e dei punti di fine-manovra. Le cassette catalogatrici, a 5 scomparti con coperchio, saranno fornite dall'Affidatario, accettate dall'ANAS e compensate con il relativo prezzo. Sui tratti di carota perforati in terreni coesivi, andranno eseguiti immediatamente i test a carattere speditivo (pocket penetrometer, vane test). Il tecnico qualificato dovrà tenere con sé, nel corso dell'intera durata delle attività di perforazione, una boccetta di HCl (acido cloridrico diluito al 10%, l'acido muriatico comunemente in vendita) per la verifica della reazione allo stesso agente di determinati spezzoni di terreno, al fine di determinare la presenza o meno di materiale di natura carbonatica.

Per i tratti attraversanti unità litoidi sarà obbligatorio redigere un'apposita scheda di rilievo geomeccanico, secondo le più recenti norme e raccomandazioni I.S.R.M., contenente, tra l'altro, la determinazione dell'indice R.Q.D. (Rock Quality Designation Index), nonché indicazioni su orientazione, stato, frequenza, spaziatura, riempimento, rugosità delle discontinuità naturali presenti, presenza di ossidazione. L'indice R.Q.D. verrà rilevato analiticamente e restituito per tratti corrispondenti alla lunghezza delle battute eseguite, riportandone il valore esatto su apposite tabelle ed, in forma grafica, nelle stratigrafie di sondaggio.

In merito alla realizzazione delle prove penetrometriche, statiche o dinamiche, l'Affidatario provvederà, a propria cura e spese, agli spostamenti da un punto all'altro, all'eventuale fornitura di mezzi di trasporto e traino, al montaggio sul posto dell'attrezzatura stessa, e quanto altro già previsto per i sondaggi geognostici.

Qualora la prova penetrometrica richiedesse per il suo completamento l'esecuzione di uno o più prefori sulla stessa verticale, sarà a carico dell'Affidatario ogni onere relativo al piazzamento, sulla postazione, del penetrometro e della sonda ed ai successivi piazzamenti alternati oltre a quello dello spostamento delle macchine, della manovra di immissione a vuoto e successiva estrazione della batteria di aste tanto del penetrometro quanto della sonda come pure del tempo di fermo di una delle due attrezzature impiegate intendendosi compensati con i prezzi di cui all'unito elenco, relativi all'esecuzione della prova stessa.

25 SONDAGGI GEOGNOSTICI

Le attività riguardanti i sondaggi geognostici sono suddivise nelle sottoelencate categorie:

- sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo;
- sondaggi geognostici ad andamento direzionato a carotaggio continuo;
- sondaggi geognostici verticali a distruzione di nucleo;
- terebrazione con registrazione dei parametri di perforazione;
- campionamento geotecnico nei sondaggi.

25.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI VERTICALI A CAROTAGGIO CONTINUO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.005.1** "Perforazione ad andamento verticale in terreni a granulometria fine e media"
- **IG.05.005.2** "Perforazione ad andamento verticale in terreni a granulometria grossolana"
- **IG.05.005.3** "Perforazione ad andamento verticale in roccia dura"

25.1.1 Descrizione

Il sondaggio geognostico permette di analizzare il terreno in profondità per la valutazione delle sue caratteristiche geologiche e geotecniche.

Il corredo della sonda deve essere completo di tutti gli accessori necessari per l'esecuzione del lavoro e norma di specifica e degli utensili per la riparazione dei guasti di ordinaria entità, nonché di organo a fune. Qualsiasi lavorazione prevista e non eseguita per carenza di attrezzature in cantiere, comporterà l'interruzione non remunerata del cantiere fino alla esecuzione di quanto richiesto dalla D.L.

Gli utensili utilizzati per la perforazione, dovranno essere disponibili in sito in tutti i casi in cui siano di fatto impiegabili e comunque fare parte della dotazione dell'Impresa, in modo da poter essere rapidamente trasferiti in cantiere qualora necessari. Essi sono rappresentati da:

- Carotieri semplici, con valvola di testa a sfera e calice:
 - Diametro nominale $\varnothing_{est} = 101 \div 146$ mm;
 - Lunghezza utile $l = 150 \div 300$ cm;
- Carotiere doppio a corona sottile (T2, T6) con estrattore:
 - Diametro nominale $\varnothing_{est} = 100$ mm;
- Carotiere triplo con portacampione interno estraibile ed apribile longitudinalmente (T6S), con estrattore e calice:
 - Diametro nominale $\varnothing_{est} = 100$ mm;
- Corone di perforazione in widia e diamantate;
- Aste di perforazione con filettatura tronco-conica:
 - Diametro esterno $\varnothing_{est} = 60 \div 76$ mm.

Nella eventualità di procedere alla pulizia del fondo foro, dovrà essere disponibile in cantiere:

- Carotiere semplice, $l = 40 \div 80$ cm;
- Attrezzo a fori radiali, da impiegarsi con circolazione del fluido uscente dall'utensile con inclinazione di $45^\circ \div 90^\circ$ rispetto alla verticale;
- Campionate a pareti grosse $\square 100$ mm, con cestello di ritenuta alla base, per l'asportazione di eventuali ciottoli.

Nel caso di utilizzo di rivestimenti associati alla perforazione ad aste, essi saranno in acciaio, con le seguenti caratteristiche:

- Spessore tubo - $S = 8 \div 10$ mm;
- Diametro interno $\varnothing_{int} = 107 \div 162$ mm;
- Lunghezza spezzoni - $l = 150 \div 200$ cm.

L'Impresa potrà impiegare rivestimenti con diverse caratteristiche, in relazione al tipo di attrezzatura di perforazione prescelta, informando preventivamente la Direzione Lavori.

Dovranno fare parte del corredo permanente dell'attrezzatura da perforazione tutti gli strumenti portatili necessari:

- scandaglio a filo graduato per la misurazione della quota effettiva di fondo foro;

- freatimetro di lunghezza adeguata a raggiungere il fondo foro;
- penetrometro tascabile, con fondo scala maggiore o uguale a 500 kPa;
- scissometro tascabile, con fondo scala maggiore o uguale a 100 kPa;
- sclerometro da roccia tipo L (Martello di Schmidt);
- profilometro a pettine (pettine di Barton);
- calibro e spessimetro a lamelle per la misura dell'apertura dei giunti;
- HCl diluito al 10% per la determinazione della presenza di carbonati nei terreni e nelle rocce.

25.1.2 Modalità esecutive

Il sondaggio geotecnico deve essere eseguito come di seguito indicato.

Carotaggio integrale con percentuale di recupero $\geq 85\%$. e qualità tale da consentire la completa percezione, in forma inalterata, della struttura originaria del terreno (laminazione, scistosità, ecc.), da eseguire a secco, senza fluido di perforazione in circolo se con carotiere semplice, con circolazione di fluido se con carotieri tipo T2, T6, T6S.

I carotieri saranno azionati ad aste; è ammesso, in alternativa, l'uso di sistemi "wire-line" purché si ottenga la richiesta percentuale di carotaggio e non si producano dilavamenti e/o rammollimenti del materiale.

Qualora ordinato, l'Impresa dovrà desistere dall'uso di sistemi wire-line per proseguire con il tradizionale sistema ad aste.

La perforazione, in assenza di sufficiente autosostentamento delle pareti, sarà seguita dal rivestimento provvisorio del foro. La necessità di impiego del rivestimento provvisorio è da verificarsi caso per caso, in relazione alle reali caratteristiche del terreno. I fenomeni di rifluimento riscontrati nel corso della perforazione dovranno essere opportunamente segnalati e riportati nei relativi logs stratigrafici.

Le manovre di rivestimento possono essere eseguite con l'uso di fluido in circolazione, curando che la pressione del fluido sia la minore possibile e controllandola mediante manometro.

Il disturbo arrecato al terreno deve essere contenuto al minimo, fermando se necessario la scarpa del rivestimento a circa 50 cm dal fondo foro (con l'esclusione del metodo wire-line) in modo da non investirlo in forma eccessivamente diretta con il getto di fluido in pressione.

Il battente di fluido in colonna deve essere mantenuto prossimo a bocca foro mediante rabbocchi progressivi specialmente durante l'estrazione del carotiere e delle aste, che deve avvenire con velocità iniziale molto bassa ($1 \div 2$ cm/sec) ed essere eventualmente intervallata da pause di attesa per il ristabilimento della pressione idrostatica del fluido sul fondo foro.

Debbono essere evitati indesiderabili effetti di risucchio, che possono anche verificarsi nel caso di brusco sollevamento della batteria di rivestimento, qualora occlusa all'estremità inferiore dal terreno per insufficiente circolazione di fluido durante l'infissione.

La quota del fondo foro sarà misurata con scandaglio a filo graduato prima di ogni manovra di campionamento indisturbato e di prova geotecnica SPT.

In tutti i casi nei quali non ci sia pericolo di repentini collassi del foro nel tratto non rivestito, il prelievo di campioni in foro o l'esecuzione di prove geotecniche SPT dovrà seguire la manovra di perforazione con carotiere e invece precedere la manovra di rivestimento fino a fondo foro.

Il rivestimento sarà se necessario eseguito a campionamento/prova SPT ultimati, in modo da evitare che il prelievo o la prova interessino uno strato di terreno disturbato dal getto di fluido

Apposite manovre di pulizia saranno eseguite qualora la differenza tra quota raggiunta con la perforazione e quota misurata con scandaglio superi le seguenti tolleranze:

- 10 cm, prima dell'uso di campionatori privi di pistone fisso o sganciabile meccanicamente e di prove SPT;
- 15 cm, prima dell'uso di campionatori con pistone fisso o sganciabile meccanicamente.

Il foro di sondaggio sarà riempito con miscela cementizia costituita dai seguenti componenti nelle proporzioni elencate (in peso):

- acqua 100;
- cemento 30;
- bentonite 5.

L'inserimento della miscela nel foro di sondaggio sarà eseguito dal fondo, in risalita, con una batteria di tubi apposita o con manichetta flessibile.

Lo stato di aggregazione sarà descritto a complemento della identificazione litologica precisando se la struttura è compatta (non si distinguono i costituenti la roccia ad occhio nudo), granulare (si distinguono macroscopicamente i diversi costituenti), orientata (i costituenti hanno orientazioni preferenziali per laminazione, scistosità o altro).

Verrà indicato il *grado di alterazione* secondo quanto indicato dalla seguente tabella.

Tabella 4 – Grado di alterazione della roccia.

Caratteristica	Descrizione
Assente	Nessun segno visibile di alterazione, roccia sana, cristalli lucenti

Debole	I piani di discontinuità sono patinati e decolorati, con possibili sottili strati di riempimento. La decolorazione può penetrare nella roccia per spessori fino al 20% della spaziatura dei piani di discontinuità
Media	La decolorazione penetra nella roccia per spessori al 20% della spaziatura dei piani di discontinuità, che possono contenere riempimenti di materiale alterato. Possono essere osservabili parziali aperture dei legami intergranulari
Elevata	La decolorazione interessa per intero la roccia, che è in parte friabile. L'originale struttura della roccia è conservata, ma i cristalli sono separati fra loro
Intensa	La roccia è completamente decolorata, decomposta e friabile, con l'aspetto esteriore di un suolo. Internamente la struttura originale può essere riconoscibile, ma la separazione fra i cristalli è completa

Il *recupero percentuale* di carotaggio sarà annotato come sommatoria, espressa in percentuale, della lunghezza dei singoli spezzoni recuperati in rapporto alla lunghezza totale del tratto perforato.

L'indice R.Q.D., calcolato come sommatoria, espressa in percentuale, della lunghezza dei singoli spezzoni di materiale lapideo maggiori o uguali a 10 cm recuperati in rapporto alla lunghezza totale del tratto perforato, sarà annotato considerando le sole discontinuità naturali presenti nella roccia, raggruppando tratti perforati piuttosto omogenei da questo punto di vista.

Tale indice verrà determinato, in termini percentuali, in accordo alla seguente espressione:

$$RQD = \frac{\sum l_i}{l_f}$$

dove:

- l_i = singole lunghezze dei pezzi di carota maggiori di 10 cm;
- l_f = lunghezza totale del tratto perforato.

Le dimensioni di ciascun spezzone di roccia saranno stimate ed annotate individuando classi di lunghezze differenti fra loro di 5 cm una dall'altra.

Il *tipo* di ciascun giunto o discontinuità costituente un piano di separazione o debolezza (frattura, faglia, piano di strato, piano di scistosità) sarà distinto ed annotato.

Stratificazione: si indicheranno i piani di strato visibili, precisandone la spaziatura media e l'intervallo di variazione tipico dello spessore degli strati stessi, e la presenza di eventuali strutture sedimentarie, quali stratificazione o laminazione incrociate.

Regolari alternanze di diversi tipi litologici (ad esempio: sabbie ed argille, marne e calcareniti) potranno essere definite con il termine di "interstratificazione" precisando la media aritmetica dello spessore dei livelli e descrivendo il ritmo delle alternanze.

Spaziatura totale, intesa come distanza media, tra due piani di discontinuità lungo la terebrazione. Per descrivere qualitativamente la spaziatura delle discontinuità verranno utilizzati i termini riportati nella seguente tabella (ISRM, 1978).

Tabella 5 – Caratteristiche di fratturazione dell'ammasso roccioso in funzione della spaziatura media delle discontinuità lungo una linea.

Caratteristica	Misura
Fratture molto ravvicinate	< 6 cm
Fratture ravvicinate	6 ÷ 20 cm
Fratture moderatamente ravvicinate	20 ÷ 60 cm
Fratture distanziate	60 ÷ 200 cm
Fratture molto distanziate	> 200 cm

Scistosità, piani di taglio: si indicherà la presenza, la spaziatura e le caratteristiche della scistosità (orientazione visiva della roccia dovuta a minerali lamellari o prismatici) e di piani di taglio (in terreni coesivi, granulari o rocciosi).

Strutture particolari: si indicherà la presenza e le caratteristiche di strutture particolari legati a processi di alterazione o trasporto, quali la presenza di clasti in matrice soffice o isole di materiale poco alterato in matrice profondamente alterata, e simili.

L'*inclinazione* di ogni giunto sarà espressa come angolo tra la perpendicolare all'asse di perforazione (piano orizzontale nel caso di sondaggi perfettamente verticali) ed il piano di discontinuità.

La *durezza* delle pareti sarà stimata in base ai criteri di scalfibilità, con unghia o con punta d'acciaio. Sarà inoltre misurato l'indice JCS (*Joint Compressive Strength*) tramite l'uso dello sclerometro (Schmidt Hammer di tipo L), eseguendo la prova su spezzone di carota immobilizzato con apposito strumento di supporto.

La *rugosità* di ogni giunto alla scala della carota sarà definita con riferimento al valore d'indice JRC (*Joint Roughness Coefficient*), con l'uso di un profilatore a pettine (Shape Tracer di Barton) o, in alternativa, indicando una valutazione del grado di scabrezza.

Il tipo e lo spessore del *riempimento dei giunti* saranno definiti precisando composizione granulometrica e/o mineralogica e la compattezza dello stesso.

Per quanto non ulteriormente precisato valgono le prescrizioni "ISRM (1978) - Commission on standardization of laboratory and field tests. Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. 15, pp. 319–368", e "ISRM - Metodologie per la descrizione quantitativa delle discontinuità nelle masse rocciose. (1993) Rivista Italiana di Geotecnica, n.2, 151-200".

Fluidi di circolazione

Il fluido di circolazione nelle fasi di perforazione, qualora consentito, e di rivestimento, sarà costituito da:

- acqua;
- fango bentonitico;
- fanghi polimerici.

L'uso di sola acqua pulita è obbligatorio nel caso si eseguano prove di permeabilità in foro.

Nel caso di installazione di piezometri, è ammesso l'uso di acqua o di fanghi polimerici, biodegradabili entro 72 h.

L'Impresa potrà proporre l'uso di fluidi diversi dai sopra elencati, con la condizione che in ogni caso il fluido prescelto, oltre ad esercitare le funzioni di raffreddamento, asportazione detriti ed eventuale sostentamento, sia in grado di non pregiudicare la qualità del carotaggio, l'esito delle prove geotecniche ed il funzionamento della strumentazione e che, comunque, sia biodegradabile.

Carote estratte

Le carote estratte nel corso della perforazione verranno sistemate in apposite cassette catalogatrici (in legno, metallo, plastica o similari), munite di scomparti divisori e coperchio apribile a cerniera. Le carote coesive verranno scortecciate adeguatamente (taglio trasversale di almeno 5 cm), le lapidee lavate. La documentazione fotografica verrà realizzata immediatamente dopo le succitate procedure.

Dei setti separatori suddivideranno i recuperi delle singole manovre, recando indicate le quote rispetto al p.c..

Negli scomparti saranno inseriti blocchetti di legno o simili a testimoniare gli spezzoni di carota prelevati ed asportati per il laboratorio con le quote di inizio e fine di tali prelievi.

25.1.3 Documentazione finale

Si dovrà compilare una scheda stratigrafica del sondaggio completa di tutte le indicazioni necessarie alla descrizione con criteri geologici e geotecnici del materiale carotato, che con la dicitura: "bozza", dovrà essere inviata entro 24 ore al Committente. Eventuali ritardi comporteranno riduzioni sul compenso per perforazione, comprese tra il 5 - 20 %, a giudizio insindacabile dell'ANAS.

Sulla scheda stratigrafica devono essere specificati:

- cantiere;
- codice identificativo univoco del sondaggio;
- data di inizio e di ultimazione della perforazione;
- metodo di perforazione;

- attrezzature impiegate;
- diametri di perforazione e di rivestimento;
- tipo di fluidi di circolazione impiegati;
- quota della testa foro rispetto a livello marino e coordinate planimetriche;
- inclinazione del foro rispetto all'orizzontale.

La descrizione stratigrafica in bozza sarà compilata in modo tale da specificare, per ciascuno strato ed in forma sintetica ma efficace, quanto relativo ai punti sotto elencati:

- tipo di terreno;
- condizioni di umidità naturale;
- consistenza;
- colore;
- struttura;
- particolarità;
- litologia ed origine;
- caratteristiche geomeccaniche degli ammassi rocciosi come precedentemente descritti.

La scheda stratigrafica in bozza comprenderà inoltre delle osservazioni in merito alla falda idrica, compatibilmente con le modalità esecutive del sondaggio e con la strumentazione installata, con l'annotazione delle letture del livello piezometrico nel foro di sondaggio rilevate ad inizio/fine di ogni giornata lavorativa.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie:

- delle postazioni che dovranno mettere in evidenza l'ubicazione e l'assetto del cantiere durante la perforazione, ed il completamento/condizionamento finale del foro ove previsto;
- delle cassette catalogatrici suddivise per verticali e riportate per profondità crescente. Le fotografie dovranno essere realizzate a colori, riportanti una scala cromatica e gli estremi del sondaggio (nome, località, progetto, intervallo di perforazione, ecc.). Le istantanee dovranno essere scattate con un'inquadratura perpendicolare alle vaschette porta carote. Queste ultime dovranno essere umidificate prima di procedere allo scatto.

25.2 SONDAGGI GEOGNOSTICI AD ANDAMENTO DIREZIONATO A CAROTAGGIO CONTINUO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.010.1** "Perforazione inclinata in terreni a granulometria fine e media"

- IG.05.010.2 “Perforazione inclinata in terreni a granulometria grossolana”
- IG.05.010.3 “Perforazione inclinata in roccia dura”
- IG.05.015.1 “Perforazione suborizzontale in terreni a granulometria fine e media”
- IG.05.015.2 “Perforazione suborizzontale in terreni a granulometria grossolana”
- IG.05.015.3 “Perforazione suborizzontale in roccia dura”

25.2.1 Descrizione

Vengono realizzati per definire la litostratigrafia del terreno secondo traiettorie suborizzontali o comunque orientate.

25.2.2 Modalità esecutive

I sondaggi devono essere eseguiti a carotaggio integrale del terreno attraversato. Le attrezzature e le modalità di esecuzione, salvo accorgimenti necessari per garantire il recupero di carote in percentuale non inferiore all'80%, sono analoghe a quelle previste per gli altri tipi di sondaggi.

25.2.3 Documentazione finale

La documentazione del sondaggio geognostico ad andamento direzionato sarà eseguita secondo i criteri già riportati per gli altri tipi di sondaggio.

25.3 SONDAGGI GEOGNOSTICI VERTICALI A DISTRUZIONE DI NUCLEO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.020.1 “Perforazione verticale in terreni a granulometria fine e media”
- IG.05.020.2 “Perforazione verticale in terreni a granulometria grossolana”
- IG.05.020.3 “Perforazione verticale in roccia dura”

25.3.1 Descrizione

Saranno realizzati per permettere, entro gli stessi, la esecuzione di prove e/o l'installazione di strumenti di vario genere e tipo.

La loro realizzazione dovrà quindi essere sempre eseguita tenendo conto di quanto prescritto per le prove o gli strumenti per cui il foro è connesso.

Potranno essere richiesti anche per la perforazione di prefori in appoggio a preparazione di altre prove in sito, quali prove penetrometriche statiche, dilatometriche e similari, di emungimento.

25.3.2 Modalità esecutive

Per la perforazione si potrà utilizzare:

- sonda a rotazione completa di pompa per la circolazione dei fanghi e dispositivi per la loro preparazione;
- altre sonde proposte dall'Impresa, il cui utilizzo sarà preventivamente comunicato alla DL. Si potranno utilizzare come utensili di perforazione:
- carotieri semplici o doppi;
- triconi o utensili a distribuzione dotati di fori radiali per la fuoriuscita del fluido;
- altri utensili proposti dall'Impresa il cui utilizzo sarà preventivamente comunicato alla DL.

Il diametro di perforazione sarà di 70 ÷ 150 mm, comunque da definire in funzione delle prove o degli strumenti da eseguire o installare nel foro.

Sono ammesse modalità di perforazione varie, comunque tali da garantire il sostentamento delle pareti del foro, il contenimento del fondo foro e la minimizzazione dei disturbi arrecati al terreno nei tratti di prova.

25.3.3 Documentazione finale

Per ciascun foro si compilerà una scheda con le seguenti indicazioni:

- informazioni generali;
- quota assoluta del punto di indagine;
- nominativo del compilatore;
- attrezzatura impiegata;
- diametro di perforazione;
- diametro dell'eventuale rivestimento;
- dati relativi alle prove o all'installazione;
- stratigrafia approssimativa in base ai detriti di perforazione.

25.4 TEREBRAZIONE CON REGISTRAZIONE DEI PARAMETRI DI PERFORAZIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.035** "Diagrafia dei parametri di perforazione (DAC-TEST)"

25.4.1 Descrizione

E' un metodo che permette di registrare in forma continua i principali parametri della perforazione, eseguita di norma a distruzione di nucleo, con il fine di riconoscere le caratteristiche stratigrafiche fondamentali del terreno, preferibilmente a partire da situazioni rese note dall'esecuzione di sondaggi di taratura.

25.4.2 Modalità esecutive

Per l'esecuzione di tale tecnica di perforazione, si dovrà utilizzare:

- sonda a rotazione e rotoperussione;
- centralina elettronica per la misura, la amplificazione e la registrazione su nastro magnetico dei seguenti parametri di perforazione:
- spinta applicata all'utensile di perforazione;
- velocità di avanzamento;
- coppia di rotazione assorbita;
- velocità di rotazione;
- pressione del fluido di circolazione.

La registrazione dei parametri avverrà con frequenza di un'operazione di memorizzazione per 1 cm di avanzamento dell'utensile o per 1 minuto primo, nel caso di velocità di avanzamento inferiori a 1 cm/minuto.

La centralina visualizzerà i parametri misurati su apposito visore, quelli registrati su grafico in carta; sarà misurata, registrata e visualizzata su visore, in ogni caso, la profondità raggiunta dalla prova.

La perforazione dovrà essere eseguita, avendo cura, dopo qualche tentativo, di operare con la massima omogeneità.

In particolare, la spinta applicata all'utensile dovrà, se possibile, essere mantenuta costante per l'intera verticale di prova e dovrà essere tale da assicurare il superamento dei livelli più resistenti senza eccessiva perdita di leggibilità dei risultati negli strati meno resistenti.

E' necessario che il detrito di perforazione fuoriuscente a bocca foro sia descritto con la migliore precisione possibile.

25.4.3 Documentazione finale

La documentazione comprenderà quanto sotto elencato:

- informazioni generali su denominazione, ubicazione e quota assoluta di ciascuna verticale di prova;

- caratteristiche dell'attrezzatura di perforazione e delle modalità esecutive del foro;
- grafico di cantiere con i parametri misurati e registrati;
- grafico elaborato con indicazione dell'energia assorbita per unità di volume perforato (Mj/mc) in funzione delle profondità;
- note ed osservazioni dell'operatore.

La documentazione definitiva comprenderà, oltre agli elementi sopraccitati, i grafici di tutti i parametri registrati restituiti nella scala più idonea agli effetti interpretativi.

25.5 CAMPIONAMENTO GEOTECNICO NEI SONDAGGI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.190.1 "Prelievo di campioni rimaneggiati"
- IG.05.190.3 "Prelievo campioni indisturbati con campionatore a pareti sottili"
- IG.05.190.4 "Prelievo campioni indisturbati con campionatore a pistone o rotativo"
- IG.05.190.5 "Prelievo campioni di roccia"
- IG.05.015.6 "Fornitura di cassette catalogatrici"

25.5.1 Descrizione

Per la determinazione delle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni devono essere prelevati campioni che mantengano la struttura, il contenuto d'acqua e l'eventuale consistenza propri del terreno nella sua sede (campioni indisturbati); per la determinazione, in generale, delle sole proprietà fisiche devono essere prelevati campioni senza particolari accorgimenti contro la perdita di umidità (campioni rimaneggiati). In terreni rocciosi vengono prelevati spezzoni, di idonea lunghezza, di carota lapidea da cassetta, numerandoli e specificando quota di prelievo e verso (alto/basso), scartando spezzoni visibilmente fessurati.

25.5.2 Modalità esecutive

Campioni indisturbati

I campionatori da utilizzarsi impiegano la fustella a pareti sottili in acciaio inox, nel rispetto dei seguenti parametri dimensionali:

- rapporto $L/D_i \approx 8$;
- rapporto delle aree:

$$cp = \frac{D_{est}^2 - D_i^2}{D_i^2} \cdot 100 = 9 \div 13$$

- coefficiente di spoglia interna:

$$ci = \frac{D_{est} - D}{D} \cdot 100 = 0,0 \div 1,0$$

- diametro utile ≥ 85 mm;

dove:

- L = lunghezza utile della fustella;
- Di = diametro interno della fustella;
- Dest = diametro esterno della fustella;
- D = diametro all'imboccatura della fustella.

La fustella dovrà essere liscia, priva di cordoli, non ovalizzata, con taglienti efficaci. Il prelievo dei campioni potrà essere eseguito, a seconda della compattezza del terreno, con l'uso dei seguenti strumenti:

- campionatore a pistone infisso idraulicamente;
- campionatore rotativo a pareti sottili;
- campionatore a rotazione a doppia parete a scarpa tagliente avanzata;
- altri campionatori (il cui utilizzo sarà preventivamente comunicato alla DL).

Il campionatore ad infissione idraulica del pistone può essere utilizzato con profitto in terreni coesivi aventi resistenza al taglio non drenata ≤ 200 kPa;

Il campionatore rotativo a pareti sottili, con scarpa sporgente, permette di campionare i terreni la cui consistenza arresta l'infissione a pressione della fustella. Viene spinto e ruotato meccanicamente dalla batteria di aste, con fluido in circolazione.

I campionatori a rotazione a doppia parete con scarpa tagliente avanzata, dovranno essere impiegati in terreni coesivi di elevata consistenza nei quali non sia possibile l'infissione di campionatori a pressione.

Altri tipi di campionatore potranno essere utilizzati dall'Impresa informando preventivamente l'ANAS.

L'infissione del campionatore dovrà sempre avvenire in un'unica tratta.

I campionatori a pistone dovranno essere costruiti in modo da poter portare alla pressione atmosferica, a fine prelievo, la superficie di contatto fra la parte alta del campione ed il pistone.

Nel campionatore rotativo, la sporgenza della fustella dal carotiere esterno può essere regolata a priori fra 0,5 e 3 cm, ma deve poi rimanere costante durante ciascun prelievo.

Il prelievo di campioni indisturbati dovrà seguire la manovra di perforazione e precedere quella di rivestimento a quota; nel caso l'autosostentamento del foro nel tratto scoperto non esista anche per il breve

lasso di tempo necessario al prelievo, si rivestirà prima di campionare avendo cura di fermare l'estremità inferiore del rivestimento metallico provvisorio 0,2 ÷ 0,5 m più alta della quota di inizio prelievo, ripulendo quindi il fondo foro.

Si dovrà inoltre evitare qualsiasi eccesso di pressione nel fluido di perforazione, nella fase di installazione dei rivestimenti.

A tal fine, la pressione del fluido a testa foro dovrà essere controllabile in ogni istante attraverso un manometro di basso fondo scala (10 bar), da escludersi nelle fasi di campionamento con infissione idraulica della fustella, ove sono necessarie pressioni maggiori.

Le due estremità dei campioni indisturbati devono essere sigillate subito dopo il prelievo con uno strato di paraffina fusa e tappo di protezione.

Campioni rimaneggiati

I campioni rimaneggiati verranno prelevati dal materiale recuperato con il carotaggio e sigillati in sacchetti o barattoli di plastica; la quantità necessaria per le prove di laboratorio è di circa 500 grammi per i terreni fini e di circa 5 kg per quelli grossolani.

Nella scelta si avrà cura di eliminare le parti di campione alterate dall'azione del carotiere (corceccia, parti "bruciate", tratti dilavati, ecc.).

Spezzoni di carota lapidea

In terreni cementati e rocciosi si prelevano dal carotaggio spezzoni di lunghezza = 15 cm, purché rappresentativi del tipo litologico perforato.

Imballaggio e trasporto dei campioni

I campioni destinati al laboratorio saranno sistemati in cassette con adeguati separatori ed imbottiture alle estremità, onde assorbire le inevitabili vibrazioni del trasporto.

Le cassette andranno collocate in un locale idoneo a proteggerle dal sole e dalle intemperie, fino al momento della spedizione.

Le cassette dovranno contenere un massimo di 6 fustelle, onde facilitarne il maneggio; saranno dotate di coperchio e maniglie. Sul coperchio si indicherà la parte alta.

Il trasporto dovrà essere effettuato con tutte le precauzioni necessarie per evitare il danneggiamento dei campioni, sotto la diretta responsabilità dell'Impresa.

25.5.3 Documentazione finale

I campioni devono essere contraddistinti da cartellini inalterabili, che indichino:

- cantiere;

- numero del sondaggio;
- numero del campione;
- profondità di prelievo;
- tipo di campionatore impiegato;
- data di prelievo;
- parte alta (per campioni indisturbati e spezzoni di carota).

Il numero del campione, il tipo di campionatore usato ed il metodo di prelievo devono essere riportati sulla stratigrafia alla relativa quota; questi dati devono essere riportati anche nel caso di prelievi non riusciti.

26 PROVE GEOTECNICHE IN FORO

Le attività riguardanti le prove geotecniche in foro sono suddivise nelle sottoelencate categorie:

- Prove di penetrazione dinamica SPT;
- Prove scissometriche VT in foro di sondaggio;
- Prova pressiometrica;
- Prova dilatometrica in roccia;
- Prove di permeabilità in sondaggio tipo Lefranc;
- Prova di permeabilità in sondaggio tipo Lugeon.

L'Appaltatore dovrà fornire in qualsiasi momento i certificati di taratura delle strumentazioni utilizzate su richiesta di ANAS.

26.1 PROVE DI PENETRAZIONE DINAMICA SPT

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.040** "Esecuzione di standard penetration test"

26.1.1 Descrizione

La prova penetrometrica standard o prova penetrometrica dinamica (SPT - *Standard Penetration Test*) è un tipo di indagine geotecnica per ricavare e studiare le caratteristiche di un terreno, tramite la determinazione della sua resistenza alla penetrazione.

26.1.2 Modalità esecutive

La prova si eseguirà infiggendo nel terreno alla base del sondaggio un campionatore per tre tratti consecutivi, il primo di 150 mm, annotando il numero di colpi necessario per la penetrazione.

Si dovrà annotare l'eventuale affondamento del campionatore per peso proprio delle aste.

Il campionatore dovrà essere in acciaio indurito, con superfici lisce apribili longitudinalmente, avente le seguenti caratteristiche generali:

- Diametro esterno - $\varnothing_{est} = 51 \pm 1$ mm;
- Diametro interno - $\varnothing_{int} = 35 \pm 1$ mm;
- Lunghezza minima escluso tagliente principale - $L_{min} > 457$ mm;
- Lunghezza scarpa tagliente terminale con rastremazione negli ultimi 19 mm - $l = 76 \pm 1$ mm.

Il campionatore sarà dotato di valvola a sfera e aperture di scarico a sfiato.

Non è prevista la dotazione di punta conica per la sostituzione del tagliente terminale.

Salvo nel caso di terreni molto compatti o ricchi di ciottoli, l'Impresa potrà utilizzare la punta conica, dandone preventiva comunicazione alla DL.

Le aste di collegamento tra il campionatore e la sonda in superficie dovranno essere corrispondenti alle tipologie elencate nella seguente tabella.

Tabella 6 – Caratteristiche delle aste per prove SPT.

Diametro (mm)	Peso per metro lineare (kg)
40,5	≈ 4,23
50	≈ 7,23
60	≈ 10,03
70	≈ 10,00

Le aste dovranno essere diritte, ben avitate in corrispondenza dei giunti e con flessione totale della batteria pronta per la prova < 0.1%.

Il dispositivo di sollevamento automatico del maglio dovrà essere del peso totale < 115 kg, e tale da garantire la caduta della massa battente senza rilevanti attriti.

La massa battente e l'altezza di caduta dovranno essere pari a:

- Peso massa battente $P = 63,5 \pm 0,5$ kg;

- Altezza caduta $h = 760 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$.

L'esecuzione della prova comporterà l'infissione del campionatore per tre tratti da 150 mm, il primo detto di avviamento, è comprensivo dell'eventuale penetrazione per peso proprio della batteria di aste, il relativo numero di colpi è individuato con N1.

Se con $N1 = 50$ colpi l'avanzamento dell'infissione è inferiore ai 150 mm, l'infissione dovrà essere sospesa.

Se invece il tratto di avviamento è superato con $N1 \leq 50$ colpi, la prova prosegue ed il campionatore viene infisso per un secondo tratto di 300 mm, contando separatamente il numero di colpi necessari all'avanzamento per la penetrazione dei primi e dei secondi 150 mm ($N2$ e $N3$), sino al limite di 100 colpi ($N2 + N3 \leq 100$ colpi).

Se con $N1 + N3$ pari a 100 colpi non si raggiunge l'avanzamento di 300 mm, l'infissione viene sospesa e la prova si dovrà considerare conclusa, arrestando la relativa penetrazione.

26.1.3 Documentazione finale

Per ciascuna prova eseguita, si dovrà riportare quanto segue:

- diametro e profondità della eventuale tubazione provvisoria di rivestimento del foro;
- profondità raggiunta con la manovra di perforazione o pulizia;
- profondità inizio prova;
- penetrazione, per peso proprio e delle aste, del campionatore;
- numero di colpi per l'infissione dei tratti preliminare e di prova (suddiviso in due parti da 150 mm);
- diametro e peso per metro lineare delle aste impiegate;
- lunghezza e descrizione geotecnica del campione estratto;
- tipo di campionatore (aperto o chiuso) impiegato.

26.2 PROVE SCISSOMETRICHE VT IN FORO DI SONDAGGIO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.045** "Esecuzione di prova di resistenza al taglio"

26.2.1 Descrizione

La prova scissometrica si esegue per determinare la resistenza al taglio non drenata dei terreni coesivi saturi, da teneri a mediamente consistenti, con resistenza al taglio non-drenata $\leq 100 \text{ kPa}$.

26.2.2 Modalità esecutive

Si esegue inserendo nel terreno naturale una paletta-scissometro con sezione a croce greca, misurando lo sforzo torsionale che occorre applicare per portare a rottura il terreno stesso.

Possiamo distinguere due tipi di apparecchiature:

- apparecchio da calare sul fondo di un foro di sondaggio;
- apparecchio autoperforante ("*vane borer*"): l'apparecchio contenuto in una protezione metallica collegata mediante tubi alla superficie, che viene infissa nel terreno, attraverso un dispositivo di spinta, sino alla quota desiderata.

L'apparecchiatura è costituita da quattro rettangoli di lamiera d'acciaio sottile, uniti lungo uno dei lati maggiori, con sezione trasversale a croce greca.

Le palette hanno diametro (inteso come diametro del cilindro ottenuto dalla rotazione della paletta) variabile da 45 a 100 mm. L'altezza è pari a 2 volte il diametro.

La scelta del diametro di paletta da impiegare viene fatta in funzione della forza di torsione massima che dovrà essere applicata in base alla prevedibile resistenza del terreno da provare.

Per non disturbare il terreno in cui penetra, la paletta avrà sezione del ferro minore di 1/10 di quella del cilindro ottenuto dalla sua rotazione.

La paletta è collegata alla superficie mediante una batteria di aste d'acciaio.

Le aste debbono presentare elevate caratteristiche di rigidità e torsione e flessione affinché gli sforzi applicati all'estremità superiore vengano trasmessi integralmente a quella inferiore, cioè alla paletta.

La batteria di tubi metallici di rivestimento deve assolvere le seguenti funzioni:

- irrigidimento della batteria di aste; appositi anelli distanziatori saranno interposti fra le aste di rivestimento, ogni 3 m circa;
- reazione allo sforzo di torsione applicato in superficie;
- trasmissione della spinta verticale necessaria per infiggere tutto il dispositivo alla profondità voluta.

Lo strumento di torsione viene applicato all'estremità superiore della batteria di aste che collegano la paletta-scissometro ed è collegato all'estremità della batteria di rivestimento (per la necessaria reazione); per mezzo di questo strumento si applicano e si misurano mediante un dinamometro gli sforzi di torsione necessari per portare il terreno in corrispondenza della paletta alla rottura.

Lo strumento di torsione deve possedere i seguenti requisiti:

- impermeabilità all'acqua;

- sensibilità < di 1% dello sforzo massimo applicabile;
- indifferenza alle variazioni della temperatura ambiente.

Modalità esecutive di prove effettuate all'interno di fori di sondaggio

Prima di calare la batteria di aste con scissometro, si misurerà la quota di fondo foro con scandaglio a filo; se necessario, il fondo foro sarà ripulito con apposita manovra di perforazione con carotiere semplice (senza circolazione di fluido) o con attrezzo di lavaggio a fori radiali, lo strumento può essere calato nel foro di sondaggio subito dopo l'eventuale estrazione del campione indisturbato.

Si calerà quindi la batteria di prova, infiggendo la paletta-scissometro nel terreno senza applicare tensioni torsionali, sino a 0,5 m di profondità al di sotto del fondo foro.

Si applicherà e si misurerà il momento torcente necessario per portare a rottura il terreno (resistenza al taglio di picco); dopo la rottura, si ruoterà per 10 giri completi la paletta-scissometro, si attenderà 5 minuti e poi si ripeterà la prova con le medesime modalità già definite per il valore di picco, misurando il momento torcente applicato (resistenza al taglio residua). In tutti i casi la velocità di prova dovrà essere pari a 0,1 gradi/s.

Si estrarrà la batteria di prova per riprendere la perforazione.

Modalità esecutive di prove effettuate con attrezzatura autop perforante ("vane borer")

Le prove con attrezzatura autop perforante ridurranno il numero delle estrazioni della palettascissometro a 1 per 4 ÷ 5 m di avanzamento; dopo un massimo di 5 m consecutivi essa dovrà venire estratta, verificando quanto di seguito:

- assenza di distorsioni nel tratto inferiore della batteria di prova;
- assenza di attriti tra astine e tubi di protezione;
- ingrassatura dei cuscinetti reggispinta e dell'alloggio protettivo della paletta-scissometro.

Si richiede che una sonda di perforazione sia sempre disponibile, in appoggio alla batteria autop perforante, per manovre di perforazione ausiliari.

26.2.3 Documentazione finale

Si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali sulla denominazione, quota e ubicazione della verticale di prova;
- tipo di attrezzatura impiegata e sue caratteristiche;
- certificato di taratura del dispositivo di torsione non anteriore di 3 mesi la data di esecuzione delle prove;

- profondità relativa di ciascun intervallo di prova;
- schema geometrico del foro, completo di dimensioni, quote di rivestimento, metodi di pulizia, descrizione di eventuali tratti carotati;
- dimensioni della paletta-scissometro, per ciascuna prova;
- letture allo strumento di torsione e/o grafici sforzo/deformazione (nel caso di registrazione con centralina elettronica);
- note ed osservazioni degli operatori.

26.3 PROVA PRESSIOMETRICA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.065** “Prova pressiométrica (MPM) con pressiométrico”

26.3.1 Descrizione

Si esegue per misurare la deformazione del terreno sollecitato mediante espansione radiale di una sonda cilindrica posta a contatto con le pareti del foro stesso.

Perché i risultati della prova siano attendibili, è indispensabile che il disturbo del terreno circostante il foro di sondaggio sia ridotto al minimo e sia comunque trascurabile.

26.3.2 Modalità esecutive

Attrezzatura

Sonda cilindrica ad espansione idraulica, costituita da una cella centrale di misura espandibile radialmente e da due celle di confinamento poste alle estremità della cella di misura; le celle di confinamento devono impedire, durante la prova, deformazioni della cella di misura che non siano quelle radiali. La sonda potrà avere diametro compreso tra 44 mm e 74 mm, con una lunghezza complessiva come somma delle celle di guardia e di misura pari ad almeno 6 volte il diametro.

Le pareti della cella di misura consisteranno di una membrana interna di gomma e di un involucro deformabile esterno in grado di adattarsi alla forma progressivamente assunta dalle pareti del foro nel corso della prova. La membrana potrà essere protetta da un involucro esterno a lamelle metalliche parzialmente sovrapposte, qualora reso necessario della natura del terreno.

L'apparato di espansione delle celle deve permettere di variare il volume e la pressione all'interno delle stesse in forma del tutto regolabile e controllabile mediante la centralina di misura. La cella di misura sarà espansa mediante pressione idraulica (tipo Menard GB); le celle di confinamento mediante pressione idraulica o di gas (tipo Menard GC).

I tubi di connessione delle celle con gli apparati di espansione e misura saranno di tipo plastico rigido, preferibilmente coassiali, con gas a pressione regolabile nell'intercapedine in modo da prevenire e contenere le variazioni di volume in corso di prova.

La centralina di misura deve includere un meccanismo per l'applicazione di incrementi controllati di pressione o volume alla cella di misura ed un regolatore della pressione del gas nelle celle di guardia. Le pressioni dei fluidi saranno tutte leggibili a mezzo di manometri adeguatamente tarati. La sensibilità dei manometri deve essere tale da consentire la precisione di lettura specificata nelle modalità di prova.

Sarà presente un dispositivo per l'amplificazione di almeno 50 volte la sensibilità di lettura delle variazioni di volume, da impiegarsi quando tali variazioni diventino inferiori a 0.5 cm³ per incrementi di pressione di 1 bar.

La perforazione del foro nel quale eseguire la prova dovrà essere eseguita con tutti i possibili accorgimenti necessari per evitare disturbi delle pareti e del terreno circostante, precauzioni che divengono tanto più necessarie quanto più i terreni non sono lapidei o anche semplicemente litoidi.

La perforazione del foro dovrà, nel caso di terreni sciolti, precedere direttamente la prova, che dovrà essere eseguita appena terminata la manovra di perforazione; nel caso di terreni da litoidi a litici, l'intervallo di tempo tra perforazione ed esecuzione della prova dovrà essere comunque il più ridotto possibile e preferibilmente contenuto in non più di poche ore.

Saranno ammesse varie tecniche di perforazione, in relazione al tipo di terreno, con preferenza per il carotaggio integrale con carotieri semplici e doppi, preferibilmente corone diamantate o comunque molto affilate, con pressione applicata all'utensile in fase di avanzamento inferiore a 200 kPa, numero di giri inferiore a 60 r.p.m., pressione di fluido contenuta e tendenzialmente inferiore a 15 l/min. La tecnica di perforazione dovrà essere comunicata alla DL.

Il diametro di perforazione sarà definito sulla base del diametro della sonda da utilizzare per la prova, e nel rispetto della seguente espressione:

$$1.03 D < D_h < 1.2 D$$

dove:

- D = diametro sonda pressiometrica;
- D_h = diametro foro.

Prima di iniziare la prova, si procederà alla taratura del sistema determinando quanto segue:

- perdite di pressione: legate all'inerzia della cella di misura, che deve essere misurata espandendo la stessa alla pressione atmosferica mediante incrementi di pressione da 10 kPa ciascuno, da mantenersi per 60 sec, con letture di volume al termine di tale tempo. Se richiesto dalle successive modalità di prova, la taratura si eseguirà con incrementi di volume della sonda pari al 5% del volume V, da applicarsi in 10 sec e mantenuti per 60 sec prima

della lettura di pressione. Queste misure dovranno essere eseguite prima di ogni prova o a giudizio della DL; sempre e necessariamente ad ogni cambio della membrana della cella di misura;

- perdite di volume: dovute all'espansione dei tubi di collegamento. Saranno predeterminate pressurizzando progressivamente l'apparato di prova in superficie dopo aver chiuso la sonda in un contenitore metallico che ne impedisca ogni espansione, registrando pressioni e volumi.

Il livello piezometrico nel foro deve essere misurato immediatamente prima della prova in foro e registrato.

Esecuzione della prova

Prima di posizionare la sonda pressiométrica nel foro, si procederà all'accurata lettura del volume V (volume della cella di misura alla pressione atmosferica).

Tutti i circuiti saranno disaerati e i manometri azzerati con sonda a piano campagna.

Il circuito per il controllo dei volumi sarà quindi chiuso e la sonda calata nel foro in queste condizioni.

La profondità di prova viene assunta essere quella corrispondente al punto medio della cella di misura.

Preparato il foro, che deve essere perfettamente pulito, la sonda pressiométrica sarà posizionata alla quota indicata dal programma. In accordo alle indicazioni del programma, la prova pressiométrica potrà essere eseguita in conformità ai due metodi descritti di seguito.

Si noti che la pressione che deve essere mantenuta nelle celle di confinamento laterale durante la prova deve essere sempre inferiore a quella agente all'interno della cella di misura e sarà definita in base alla espressione:

$$P_g = P_r + P_w P_d$$

dove:

- P_g = pressione celle di guardia;
- P_r = pressione letta al manometro;
- P_w = pressione idrostatica agente tra unità di misura e sonda pressiométrica a quota prova;
- P_d = differenza di pressione tra cella di misura e celle di guardia.

La prova può essere condotta attraverso le due seguenti procedure:

- 1) Metodo degli uguali incrementi di pressione

La sonda verrà posizionata e la pressione incrementata con uguali intervalli di crescita, fino a che l'espansione della cella nel corso di un incremento di carico diventa maggiore di circa 1/4 dell'originale volume della cella di misura.

I valori di ciascun incremento dovranno essere in accordo al programma o definiti nel corso della prova stessa, e comunicarli alla DL; in ogni caso si raccomanda l'impiego di 7 - 10 incrementi.

2) Metodo degli uguali incrementi di volume

La sonda verrà posta in posizione ed il volume della cella di misura aumentato con incrementi uguali, di valore pari a 0.05 - 0.1 volte il volume iniziale V, fino ai limiti naturali dell'apparato di prova.

In entrambe le procedure di prova, le letture relative alle variazioni di volume della sonda (quindi del terreno) dovranno essere effettuate dopo 30 sec e dopo 60 sec dall'applicazione dell'incremento di pressione o volume; le misure dovranno essere registrate con una precisione pari a 0.2% il volume della cella di misura in condizioni di pressione atmosferica e pari al 5% del valore della pressione limite. Il programma potrà comprendere anche cicli intermedi di scarico ricarico.

Raggiunti i massimi valori di pressione o di volume, la sonda sarà depressurizzata e riportata in superficie.

26.3.3 Documentazione finale

Su apposita scheda verrà riportato:

- data;
- informazioni generali per la completa ubicazione del sondaggio e della prova;
- nominativi degli esecutori;
- dettagliata descrizione delle caratteristiche e dimensioni della attrezzatura, della sonda di prova e della membrana in particolare;
- curve di calibrazione con diagramma pressione/volume a seguito della taratura;
- livello piezometrico nel foro;
- profondità del punto di prova;
- descrizione di modalità e diametro di perforazione;
- descrizione stratigrafica del terreno nell'intervallo di prova;
- descrizione del tempo atmosferico e della temperatura;
- tipo di prova a 30 e 60 sec dall'applicazione dell'incremento di pressione o letture di pressione a 30 e 60 sec dall'incremento di volume;
- note su qualsiasi variazione rispetto alle modalità di prova;

- pressione limite;
- diagramma volume (cm^3 / pressione in kPa);
- modulo pressiometrico in accordo alla espressione:

$$E_p = 2 D_p \cdot \frac{(1 + P_{rt}) \cdot (V_o + V_m)}{D}$$

dove:

- E_p = modulo pressiometrico;
- P_{rt} = rapporto di Poisson;
- V_o = volume della cella di prova alla pressione atmosferica;
- V_m = volume corretto nella parte centrale dell'incremento $V = V_r - V_c$, per V_r = volume da lettura a manometro e V_c = correzione volumetrica alla pressione corrispondente in base alla curva di calibrazione.

26.4 PROVA DILATOMETRICA IN ROCCIA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.070** "Esecuzione prova dilatometrica in roccia"

26.4.1 Descrizione

Viene utilizzata per la determinazione in sito dei parametri di deformabilità. I risultati della prova, se eseguita in numero sufficiente, consentono di fornire elementi di supporto al modello geologico e geomeccanico dell'ammasso roccioso. Inoltre, interpretati mediante le correlazioni sperimentali, forniscono stime rapide e soddisfacentemente accurate di parametri geotecnici e di resistenza.

26.4.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ISRM 1987 - Suggested methods for deformability determination using a flexible dilatometer;
- UNI EN ISO 22476-5 - Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 5: Prova con dilatometro flessibile.

26.4.3 Documentazione finale

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

- ubicazione, direzione ed immersione del sondaggio;

- profondità della sezione di misura;
- caratteristiche della attrezzatura impiegata;
- diagrammi variazioni diametrali-pressione per ogni trasduttore;
- schema di calcolo dei moduli elastici e di deformabilità;
- relazione matematica per il calcolo dei moduli;
- tabelle riassuntive dei moduli di deformabilità e di elasticità.

26.5 PROVE DI PERMEABILITÀ IN SONDAGGIO TIPO LEFRANC

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.050.1** “Prova di permeabilità di tipo Lefranc”

26.5.1 Descrizione

Prova di permeabilità da eseguirsi in fase di avanzamento della perforazione in terreni non rocciosi sotto falda o fuori falda, in quest'ultimo caso dopo avere saturato con acqua il terreno.

La prova è destinata a misurare la conducibilità idrica orizzontale del terreno.

26.5.2 Modalità esecutive

Si esegue misurando gli assorbimenti di acqua nel terreno, facendo filtrare l'acqua attraverso un tratto di foro predeterminato. Nel caso di terreni a conducibilità non elevata si esegue a carico idraulico variabile; a carico idraulico costante nel caso di elevata conducibilità.

Le modalità esecutive di ciascuna prova saranno le seguenti:

- perforazioni con carotiere fino alla quota di prova;
- rivestimento del foro fino alla quota raggiunta dalla perforazione, senza uso di fluido di circolazione almeno negli ultimi 100 cm di infissione;
- inserimento nella colonna di rivestimento di ghiaia molto lavata fino a creare uno spessore di 60 cm dal fondo foro;
- sollevamento della batteria di rivestimento di 50 cm, con solo tiro della sonda o comunque senza fluido di circolazione;
- misura ripetuta più volte del livello d'acqua nel foro;
- nel caso di terreno fuori falda, immissione continua di acqua pulita nel foro per almeno 30 minuti primi;
- esecuzione della prova.

Carico idraulico variabile

- Riempimento con acqua fino alla estremità del rivestimento;
- Misura del livello dell'acqua all'interno del tubo (senza ulteriori immissioni) a distanza di 14", 30", 1', 2', 4', 8', 15' dall'inizio dell'abbassamento, fino all'esaurimento del medesimo o al raggiungimento del livello di falda.

Carico idraulico costante

- Immissione di acqua pulita nella batteria di rivestimento fino alla determinazione di un carico idraulico costante, cui corrisponde una portata assorbita dal terreno costante nel tempo e misurata;
- Il controllo della portata immessa a regime idraulico costante sarà determinata con contalitri di sensibilità pari a 0,1 litri. La taratura del contalitri deve essere verificata in sito riempiendo un recipiente di volume noto e di capacità superiore a 100 litri;
- Le condizioni di immissione a regime costante devono essere mantenute, senza variazione alcuna, per 10 - 20 min.

A partire dal momento della interruzione della prova, si misureranno gli abbassamenti progressivi del livello dell'acqua all'interno del rivestimento a distanza di 15", 30", 1', 2', 4', 8', 15', proseguendo fino all'esaurimento dell'abbassamento o al raggiungimento del livello della falda.

26.5.3 Documentazione finale

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

- informazioni generali;
- schema geometrico della prova;
- livello di falda;
- tempo di saturazione (se eseguita);
- portata a regime;
- letture degli abbassamenti in relazione ai tempi progressivi.

26.6 PROVA DI PERMEABILITÀ IN SONDAGGIO TIPO LUGEON

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.050.2 "Prova di permeabilità di tipo Lugeon"

26.6.1 Descrizione

La prova misura l'attitudine di un ammasso roccioso ad essere interessato da circolazione idrica; si eseguirà iniettando dell'acqua in pressione entro un tratto isolato di foro di sondaggio, perforato in terreni lapidei o litoidi, misurando i volumi assorbiti a diverse pressioni.

26.6.2 Modalità esecutive

Il contaltri dovrà essere tarato in sito, prima di iniziare le prove, riempiendo un contenitore di volume noto e superiore a 100 l.

Le perdite di carico nei tubi di adduzione, in assenza di un circuito indipendente di misura delle pressioni, saranno valutate in sito con il metodo di un tubo campione posto orizzontalmente in superficie e collegato alla pompa con l'interposizione del manometro.

Si calcherà la perdita di carico corrispondente alla portata Q come $P_c = P/l$ dove:

- P_c = perdita di carico per metro lineare (atm/m);
- P = pressione al manometro (atm);
- l = lunghezza del tubo (m).

La prova sarà ripetuta per almeno 3 diversi valori di portata Q .

Prova di avanzamento

Se non diversamente richiesto dalla DL, le prove si eseguiranno in avanzamento con otturatore singolo.

L'otturatore sarà calato nel foro dopo avere misurato il livello del fluido nel sondaggio con sonda piezometrica. Il foro sarà privo di rivestimento; il fluido di perforazione sarà costituito da sola acqua priva di additivi.

L'otturatore sarà espanso ad isolare il tratto finale del foro per una lunghezza $L \geq 5 D$, dove:

- L = lunghezza del tratto di foro isolato;
- D = diametro del foro.

Non si supereranno lunghezze L di 5 m, da assumersi come limite massimo.

Si procederà ad iniettare acqua nel tratto di prova, eseguendo 3 (o più) diversi gradini di pressione in salita e ripetendo gli stessi nei primi 2 m in discesa, misurando per ciascun gradino le portate assorbite a stabilizzazione dell'assorbimento raggiunta.

Ciascun gradino di portata (a regime) sarà mantenuto per 10 ÷ 20 minuti primi, in salita e discesa.

La scelta del valore dei gradini di pressione dipenderà dal tipo di ammasso roccioso e dagli specifici obiettivi progettuali delle prove.

Non si supereranno comunque valori massimi di 1 MPa, e solo nei casi di elevata resistenza meccanica della matrice rocciosa.

In condizioni diverse, è preferibile non superare pressioni di 0,3 MPa in rocce poco resistenti e di 0,5 MPa in rocce mediamente resistenti.

In condizioni di prova a scarsa profondità in rocce poco resistenti, solo litoidi o semilitoidi, si ammettono limiti massimi di pressione non superiori a 0,3 MPa.

La tabella seguente propone alcuni esempi di riferimento.

Tabella 7 – Indicazione dei gradini di prova per l'esecuzione di prove di permeabilità di tipo Lugeon in funzione del materiale attraversato.

Condizioni di prova	Gradini di pressione (MPa)
Rocce semilitoidi, litoidi o litiche a scarsa resistenza, a profondità inferiori a 5 m p.c.	0,05 - 0,15 - 0,25 - 0,15 - 0,05
Rocce con scarsa resistenza	0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,2 - 0,1
Rocce con media resistenza	0,1 - 0,3 - 0,5 - 0,3 - 0,1
Rocce con altra resistenza	0,2 - 0,4 - 0,8 - 0,4 - 0,2

Durante la prova si provvederà a mantenere pieno di acqua il foro di sondaggio, per osservare la perfetta tenuta idraulica dell'otturatore, resa evidente dalla assenza di variazioni di livello.

Nel caso di perdite la prova sarà interrotta e ripresa dopo i necessari interventi correttivi.

Qualora lo stato della roccia fosse tale da non assicurare la tenuta dell'otturatore, le prove saranno eseguite in avanzamento previa cementazione e riperforazione del tratto di foro al disopra della prova, in modo da creare una superficie adatta ad impedire perdite idriche.

Prova di risalita

Se richiesto dalla DL, le prove potranno essere eseguite con otturatore doppio in risalita, con modalità identiche a quanto descritto al precedente paragrafo.

Particolare cura dovrà essere posta nel garantire la tenuta del pistoncino ad espansione inferiore, il cui comportamento non può essere osservato durante la prova.

26.6.3 Documentazione finale

Per ciascuna prova si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- schema della geometria del foro e delle modalità di prova;
- livello statico della falda;
- tabulato delle letture di cantiere (tempi, portate, pressioni al manometro);
- grafico pressione effettiva in camera di prova;
- assorbimento per ciascun gradino espresso in Unità Lugeon UL (dove 1 UL = portata di 1 litro/min/m a 1 MPa).

27 PROVE PENETROMETRICHE

Le attività riguardanti le prove penetrometriche sono suddivise nelle sottoelencate categorie:

- Prova penetrometrica dinamica continua DPSH;
- Prove penetrometriche statiche di tipo meccanico;
- Prove penetrometriche statiche di tipo elettrico;
- Prove penetrometriche statiche con piezocono;
- Prova penetrometrica con cono sismico.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie delle postazioni che dovranno mettere in evidenza l'ubicazione e l'assetto del cantiere durante la ciascuna prova.

27.1 PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA DPSH

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.160 "Approntamento di attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica"
- IG.05.165 "Installazione attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica"
- IG.05.185 "Prova penetrometrica dinamica continua"

27.1.1 Descrizione

Le informazioni fornite dalle prove penetrometriche dinamiche sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione. Il campo di utilizzazione è molto vasto, potendo essere eseguita praticamente in tutti i tipi di terreno e fornendo una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati.

27.1.2 Modalità esecutive

La prova consisterà nell'infissione della punta conica nel terreno, per tratti consecutivi di 20 cm, misurando il numero di colpi (NPD) necessari.

Dopo 20 cm di penetrazione della punta verrà infisso il rivestimento rilevando ancora il numero di colpi (NRV).

La prova verrà sospesa per raggiunto rifiuto quando NPD o NRV superano il valore di 100. Di norma le prove verranno iniziate alla quota del piano campagna.

La punta conica dovrà sporgere dal rivestimento non più di 20 cm in qualsiasi fase della prova; ciò per evitare che attriti laterali sulle aste alterino i dati di resistenza NPD misurati.

Le due batterie, aste collegate alla punta e rivestimenti, dovranno essere reciprocamente libere per tutta la durata della prova.

Nel caso di blocco delle due colonne, a seguito di infiltrazione di materiale nell'intercapedine, la prova dovrà essere sospesa; prima di estrarre la batteria l'esecutore deve mettere in atto tutti gli accorgimenti dettati dall'esperienza atti a sbloccare due colonne; ad esempio:

- iniezione di acqua in pressione nell'intercapedine;
- bloccaggio di una delle 2 colonne ed infissione o estrazione dell'altra;
- azione combinata dei 2 interventi sopra descritti.

Fra testa di battuta alla sommità della batteria ed il piano campagna dovrà essere installato almeno un centratore con funzioni di guida e di irrigidimento.

Tabella 8 – Parametri geometrici delle aste e della punta conica, della massa battente e dell'altezza di caduta del dispositivo di infissione.

Aste	
Lunghezza	$l = 1 \div 2 \text{ m}$
Peso per metro lineare	$M = 3,6 \div 8 \text{ kg}$
Diametro esterno aste	$\varnothing_{\text{est}} = 28 \div 34 \text{ mm}$
Diametro esterno rivestimento	$\varnothing_{\text{est}} = 48 \text{ mm}$
Diametro interno rivestimento	$\varnothing_{\text{est}} = 30 \div 38 \text{ mm}$
Punta conica (alla base delle aste interne)	
Angolo apertura	$\varnothing = 60^\circ \text{ oppure } 90^\circ$
Diametro base	$\varnothing b = 50,5 \pm 0,5 \text{ mm}$

Dispositivo di infissione	
Massa battente	M = 63,5 ± 0,5 kg oppure 73 kg
Altezza di caduta	h = 750 ± 2 mm

L'intercapedine tra Øint della scarpa ed aste sarà di 0,2 ÷ 0,3 mm; tra aste e rivestimento sopra la scarpa di 2 mm circa.

L'altezza di caduta nel corso della infissione dei rivestimenti non è vincolante.

27.1.3 Documentazione finale

Per ciascuna prova si dovrà riportare su apposite schede:

- la tabulazione dei dati rilevati per ciascuna prova (NPD ed NRV) per ciascuna verticale di prova;
- la descrizione dettagliata delle caratteristiche dell'attrezzatura impiegata;
- il grafico di NPD in funzione della profondità;
- il grafico di NRV in funzione della profondità;
- l'altezza di caduta media del maglio durante l'infissione del rivestimento.

27.2 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE DI TIPO MECCANICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.160 "Approntamento di attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica"
- IG.05.165 "Installazione attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica"
- IG.05.170.a "Prova penetrometrica con penetrometro statico a punta meccanica (CPT)"

27.2.1 Descrizione

Vengono effettuate in terreni coesivi come limi e argille ed in terreni limosi-sabbiosi.

La prova consisterà nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni e caratteristiche standard, infissa a velocità costante nel terreno tramite un dispositivo di spinta.

I dati acquisiti, oltre a restituire una dettagliata stratigrafia, possono fornire, tramite formule di correlazione, indicazioni su numerosi parametri geotecnici.

27.2.2 Modalità esecutive

Il dispositivo di spinta dovrà essere un martinetto idraulico in grado di esercitare una spinta sulla batteria di aste una spinta di 10 - 20 t, a seconda dell'esigenza, ed avente una corsa pari ad un metro.

La velocità di infissione della batteria di aste dovrà essere pari a 2 cm/s (\pm 0.5 cm/s), e dovrà essere costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

Il dispositivo di spinta dovrà essere ancorato e/o zavorrato in forma tale da poter usufruire per intero della propria capacità di spinta totale.

La punta conica telescopica, dovrà essere, infissa indipendentemente dalla batteria di aste esterne cave, e dovrà presentare le seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono: 37,5 mm;
- angolo di apertura del cono: 60°.

La resistenza per attrito laterale fs sarà determinata con un manicotto avente superficie laterale di 150 ÷ 200 cm².

Le aste di tipo cavo dovranno avere diametro esterno di 36 mm.

Le astine interne a sezione piena, dovranno avere diametro inferiore di 0.5 ÷ 1 mm rispetto a quello interno delle stesse cave.

Si dovrà verificare che all'interno delle aste cave, quando collegate fra loro, non ci siano sporgenze in corrispondenza della estremità filettata.

Le aste interne a sezione piena dovranno scorrere senza attriti all'interno delle aste cave.

La misura verrà effettuata con un manometro con fondo scala massimo da 10 MPa ed uno con fondo scala superiore, collegati in modo tale che il primo sia escluso automaticamente dal circuito oleodinamico in caso di pressioni troppo elevate.

La precisione di lettura deve essere contenuta entro i seguenti limiti massimi:

- 10% del valore misurato;
- 2% del valore di fondo scala.

I manometri del dispositivo di misura dovranno essere corredati da un certificato di taratura rilasciato da un laboratorio ufficiale, non anteriore a due mesi dall'inizio della prova.

La taratura deve essere ripetuta ogni 3 mesi, o ogni volta che sorgono dubbi sulla validità.

Il penetrometro dovrà essere posizionato opportunamente in modo da garantire la verticalità della applicazione del carico.

La prova si eseguirà facendo avanzare le astine interne fino ad esaurire l'intera corsa della punta e della punta + manicotto, misurando la pressione di spinta nel primo e nel secondo caso; si faranno quindi avanzare le aste cave, fino alla chiusura della batteria telescopica, misurando ed annotando la pressione totale di spinta.

Le misure di qc ed fs saranno discontinue, con annotazione ogni 20 cm di penetrazione.

La prova sarà quindi eseguita fino al raggiungimento dei limiti strumentali di resistenza o fino alla profondità massima prevista dal programma delle indagini.

La prova deve essere sospesa una volta raggiunta la profondità di circa 30 m, in quanto senza controllo degli spostamenti dalla verticale, i risultati stessi possono perdere di significatività.

27.2.3 Documentazione finale

La prova verrà documentata attraverso una apposita scheda sulla quale verranno riportate:

- informazioni generali;
- data di esecuzione;
- caratteristiche dell'attrezzatura;
- caratteristiche della punta;
- copia delle tabelle di cantiere, con indicazione dei fattori moltiplicativi di interpretazione delle letture;
- grafici di qc e fs in funzione della profondità;
- quota assoluta del punto di prova;
- certificati di taratura.

27.3 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE DI TIPO ELETTRICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.160 "Approntamento di attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica"
- IG.05.165 "Installazione attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica"
- IG.05.175 "Prova penetrometrica CPTE o CPTU"

27.3.1 Descrizione

La prova penetrometrica statica elettrica (CPTE) permette di effettuare in continuo, ogni cm di avanzamento la misura dei valori di resistenza alla punta (qc) e dell'attrito laterale locale (fs).

27.3.2 Modalità esecutive

La punta conica fissa, interamente solidale con il movimento delle aste cave, le seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono: $\varnothing_{bc} = 34.8 \div 36.0$ mm;
- angolo di apertura del cono: 60° .

La resistenza per attrito laterale f_s sarà determinata con un manicotto di attrito liscio avente le seguenti dimensioni:

- diametro $\varnothing_{ma} = \varnothing_{bc} + 0.35$ mm;
- superficie laterale $A_{ma} = 147 \div 153$ cm².

Il manicotto sarà posizionato subito sopra il cono.

La punta di tipo elettrico sarà strumentata con celle di carico estensimetriche per la misura di f_s e q_c , con i seguenti fondo scala:

- 5000 kg per q_c ;
- 750 kg per f_s .

Queste saranno collegate ad una centralina elettronica per la registrazione dei dati.

Qualora necessario, la DL si riserva di richiedere l'uso di punte con sensibilità massima diversa. La punta sarà dotata di sensore inclinometrico per la misura della deviazione dalla verticale.

Le aste di tipo cavo, dovranno avere un diametro esterno di 36 mm.

Eventuali anelli allargatori dovranno essere posizionati ad almeno 100 cm dalla base del cono.

Si dovrà verificare che lo stato della punta e del manicotto (geometria, rugosità) e delle aste cave (rettilinearità della batteria specie per quanto riguarda le 5 aste più vicine alla punta), si dovrà inoltre verificare che:

- le guarnizioni fra i diversi elementi di una punta penetrometrica dovranno essere ispezionate con regolarità per accettarne le perfette condizioni e l'assenza di particelle di terreno;
- le punte elettriche dovranno essere compensate rispetto alle variazioni di temperatura;
- la precisione di misura, tenendo conto di tutte le possibili fonti di errore (attriti parassiti, errori nel dispositivo di registrazione, eccentricità del carico sul cono e sul manicotto, differenze di temperatura, ecc.), dovrà essere comunque inferiore ai seguenti limiti:
 - 5% del valore misurato;
 - 1% del valore di fondo scala.

Tale precisione dovrà essere verificata in laboratorio e verificabile in cantiere.

I dati di taratura relativi ad ogni punta dovranno essere sempre disponibili in cantiere.

La taratura finale dei dispositivi di misura e registrazione avverrà dopo che i sensori della punta si siano equilibrati con la temperatura interna del terreno.

La prova sarà quindi eseguita fino alla profondità massima prevista dal programma delle indagini o interrotta quando si verifichi uno dei seguenti casi:

- raggiungimento del fondoscala per uno dei sensori relativi a resistenza qc, fs;
- raggiungimento della massima capacità di spinta del penetrometro;
- deviazione della punta della verticale di 10°, se repentina, o di 15° se progressiva.

27.3.3 Documentazione finale

I risultati dell'esecuzione delle prove dovranno essere riportati su apposite schede che comprenderanno:

- informazioni generali, con ubicazione;
- data di esecuzione;
- caratteristiche dell'attrezzatura;
- caratteristiche della punta;
- fotocopia dei grafici di cantiere, con indicazione delle scale;
- grafici di qc e fs; in funzione della profondità corretta in base ai dati inclinometrici;
- quota assoluta del punto di prova;
- certificati di taratura delle punte impiegate non anteriori a due mesi.

27.4 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PIEZOCONO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.160 "Approntamento di attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica"
- IG.05.165 "Installazione attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica"
- IG.05.175 "Prova penetrometrica CPTe o CPTU"
- IG.05.180 "Prove di dissipazione CPTU"

27.4.1 Descrizione

La prova con piezocono viene eseguita con una attrezzatura per prove penetrometriche statiche nella quale la punta elettrica, analoga a quella vista per il penetrometro a punta elettrica, è strumentata con un trasduttore di pressione per la registrazione di:

- pressione idrostatica del terreno, inclusa la sovrappressione indotta dall'avanzamento della punta;
- dissipazione nel tempo della sovrappressione idrostatica indotta nel terreno, a quote predeterminate.

27.4.2 Modalità esecutive

La punta conica fissa (piezocono) sarà dotata di filtro poroso intercambiabile, posto preferibilmente alla base del cono, per la misura della pressione interstiziale ($u + Du$)(pressione neutra più sovrappressione interstiziale indotta).

Il trasduttore di pressione dovrà essere a piccola variazione di volume, con fondo scala proporzionale alla pressione idrostatica prevedibile alla quota di fine prova prevista in programma; la misurazione della pressione dovrà avvenire in forma continua.

La sostituzione del filtro deve essere eseguita ad ogni estrazione della punta dal terreno.

Le aste impiegate, le apparecchiature, ecc., sono analoghe a quelle indicate per i penetrometri elettrici.

Filtro poroso e cono dovranno essere perfettamente disaerati con l'uso di una delle sottoelencate metodologie:

- cella di disaerazione sottovuoto con acqua distillata; disaerazione per bollitura, con immersione di filtro e cono per un periodo di tempo di sufficiente lunghezza, in funzione del tipo di filtro;
- contenitore sottovuoto con glicerina calda, con vibratore ad ultrasuoni per la disaerazione del filtro; il cono verrà disaerato tramite iniezione con siringa di glicerina.

Altre attrezzature, tipi di fluido e tecniche potranno essere proposti dall'Impresa dandone preventiva comunicazione alla DL.

Oltre ai sistematici controlli circa lo stato della punta e del manicotto (geometria, rugosità) e delle aste cave (rettilinearità della batteria specie per quanto riguarda le 5 aste più vicine alla punta), si dovrà verificare che:

- le guarnizioni fra i diversi elementi di un piezocono dovranno essere ispezionate con regolarità per accettarne le perfette condizioni e l'assenza di particelle di terreno;
- il piezocono dovrà essere compensato rispetto alle variazioni di temperatura;
- la precisione di misura, tenendo conto di tutte le possibili fonti di errore (attriti parassiti, errori nel dispositivo di registrazione, eccentricità del carico sul cono e sul manicotto, differenze di temperatura, ecc.) dovrà essere comunque inferiore ai seguenti limiti:
 - 5% del valore misurato;
 - 1% del valore di fondo scala.

Tale precisione dovrà essere verificata in laboratorio e verificabile in cantiere.

Nel primo caso i dati di taratura relativi ad ogni piezocono dovranno essere sempre disponibili in cantiere.

Terminata la disaerazione del filtro e del cono, questi saranno inseriti in un guanto di gomma pieno di acqua disaerata, operando rigorosamente in immersione; il guanto di gomma non sarà rimosso all'inizio della prova, in quanto sarà l'attrito con il terreno a provvedere alla sua rottura ed asportazione.

Alle quote indicate dal programma si eseguiranno le prove di dissipazione operando come di seguito:

- arresto della penetrazione della punta;
- scatto contemporaneo dei contasecondi e inizio della registrazione della variazione di pressione interstiziale;
- lettura al visore digitale dell'andamento della pressione interstiziale ai tempi 0.1 - 0.25 - 0.5 - 1 - 2 - 4 - 8 - 15 - 30 minuti primi; la lettura sarà registrata manualmente sul grafico.

La prova sarà considerata conclusa al 60% della dissipazione della sovrappressione indotta dalla punta.

27.4.3 Documentazione finale

I risultati dell'esecuzione della prova dovranno essere riportati su apposite schede che comprenderanno:

- informazioni generali, con ubicazione;
- data di esecuzione;
- caratteristiche dell'attrezzatura;
- caratteristiche del piezocono;
- fotocopia dei grafici di cantiere con indicazione delle scale;
- grafici di q_c , f_s , $u + \Delta u$ in funzione della profondità corretta in base ai dati inclinometrici ed alle eventuali derive; i grafici relativi alle prove di dissipazione avranno i tempi in ascissa, in scala logaritmica;
- certificati di taratura dei piezoconi impiegati.

27.5 PROVA PENETROMETRICA CON CONO SISMICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.160** "Approntamento di attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica"
- **IG.05.165** "Installazione attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica"
- **IG.05.170.b** "Prova penetrometrica con penetrometro statico - con cono sismico"

27.5.1 Descrizione

La prova consiste nella misurazione dei tempi di arrivo di impulsi sismici di taglio (SH) generati in superficie ad un ricevitore posto all'interno di un'asta penetrometrica opportunamente attrezzata con una punta sismica.

27.5.2 Modalità esecutive

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita almeno dai seguenti componenti:

- Sistema di energizzazione (per onde di taglio SH) costituito da una massa battente manovrata a mano, pneumaticamente o oleopneumaticamente agente a percussione sul piano orizzontale in modo coniugato (180°) su un'incudine di legno o di altro materiale, ben saldo al terreno solo per attrito radente e posto nelle adiacenze della testa foro;
- Punta penetrometrica sismica costituita da un corpo metallico e da due ricevitori sismici (geofoni e/o accelerometri) paralleli fra loro a distanza di 1 metro l'uno dall'altro incapsulati ed opportunamente isolati nella punta sismica;
- Sismografo registratore con un numero di canali uguale o superiore al numero di ricevitori utilizzati in grado di realizzare campionature di segnali tra 0.025 e 2 millisecondi e dotato di filtri high pass, band pass e band reject, di "Automatic Gain Control" e di convertitori A/D del segnale campionato ad almeno 16 bit.

Le modalità di esecuzione della prova dovranno essere le seguenti:

- posizionamento e bloccaggio degli energizzatori delle onde di taglio in prossimità della prova penetrometrica da realizzare (2 - 5 m);
- infilaggio della punta sismica nel terreno fino alla posizione in cui si avrà il primo ricevitore a -1 m dal p.c. e il secondo al p.c.; la direzione dei ricevitori dovrà essere parallela alla direzione di polarizzazione dell'energizzatore;
- impostare i parametri di registrazione del sismografo in modo tale che l'intervallo di campionamento dello stesso sia posizionato sul valore massimo (ad esempio 0.0025 millisecc) e il tempo di registrazione sia di almeno 300 millisecondi;
- Generazione di un impulso di taglio in una direzione (ad esempio normale) e registrazione dei tempi di arrivo dell'onda di taglio;
- Generazione di un impulso di taglio nella direzione coniugata (180° sul piano orizzontale) e registrazione dei tempi di arrivo dell'onda di taglio;

- Infilaggio della punta penetrometrica 1 metro più in profondità senza far ruotare le aste. In tal modo l'intervallo di ricezione sarà fra - 2 e - 1 m dal p.c. e si ripetono le energizzazioni fino al rifiuto e/o fino alla profondità richiesta.

27.5.3 Documentazione finale

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- sismogrammi in originale delle registrazioni di campagna su supporto magnetico;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicati gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione delle analisi;
- diagrafie riportanti:
 - tempi di arrivo delle onde di taglio;
 - velocità intervallari delle onde di taglio;
 - tracce sismografiche onde di taglio.

28 ALTRE PROVE GEOTECNICHE IN SITU

Le attività riguardanti i sondaggi geognostici sono suddivise nelle sottoelencate categorie:

- Prove di carico su piastra in terre;
- Determinazione della densità in sito;
- Prove di portanza con piastra LWD;
- Determinazione CBR in sito;
- Prova con martinetto piatto.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie delle postazioni che dovranno mettere in evidenza l'ubicazione e l'apparato impiegato per la prova.

28.1 PROVE DI CARICO SU PIASTRA IN TERRE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.120** "Determinazione della portanza in sito mediante prova di carico su piastra (diametro 30 cm)"
- **IG.05.155** "Determinazione della portanza in sito mediante prova di carico su piastra (diametro 60 cm)"

28.1.1 Descrizione

La prova consente di determinare le proprietà di resistenza e il cedimento verticale di una determinata massa di terreno in sito.

28.1.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- Bollettino CNR UNI 146 del dicembre 1992 “Determinazione dei moduli di deformazione M_d e M'_d mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare”.

28.1.3 Documentazione finale

Per ciascuna prova, si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- profondità a cui è stata eseguita la prova;
- certificato di taratura del manometro di misura non anteriore di 3 mesi la data di inizio prove;
- fotocopia delle tabelle con letture di cantiere del micrometro, per ciascun gradino di carico;
- diagramma carichi-cedimenti;
- modulo di deformazione M_d (MPa) relativo al primo ciclo di carico, calcolato nell'intervallo di carico definito, in accordo alla formula:

$$M_d = \frac{\Delta p}{\Delta s} \cdot D$$

- modulo di deformazione M'_d (MPa) relativo al secondo ciclo di carico, calcolato nell'intervallo di carico definito, in accordo alla formula:

$$M'_d = \frac{\Delta p'}{\Delta s} \cdot D$$

Dove:

- $\Delta p/\Delta p'$ = incremento di carico specifico (MPa);
- $\Delta s/\Delta s'$ = cedimento corrispondente all'incremento di carico (mm);
- D = diametro della piastra (mm).

28.2 DETERMINAZIONE DELLA DENSITÀ IN SITO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.115** “Determinazione della densità in situ con volumometro a sabbia”

28.2.1 Descrizione

La prova di densità in situ ha lo scopo di verificare appunto le caratteristiche del terreno compattato.

In particolare, questa tipologia di prova va a determinare il peso di volume del terreno secco in situ, dopo che è stato steso e opportunamente rullato, confrontandolo con il valore ottenuto in laboratorio attraverso la prova di compattazione Proctor “AASHO Standard” o “AASHO Modificata”.

Le prove di densità in situ vanno effettuate come una sorta di collaudo a seguito della posa di terreni per la realizzazione di pavimentazioni e/o nelle diverse fasi realizzazione di rilevati stradali, terre armate, ecc..

28.2.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D1556 - Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by Sand-Cone Method;
- CNR BU n.22 - Peso specifico apparente di una terra in situ.

28.3 PROVE DI PORTANZA CON PIASTRA LWD

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.125** “Determinazione della capacità portante degli strati di fondazione e sottofondo - LWD”

28.3.1 Descrizione

E' una prova di carico su piastra dinamica che consente in maniera veloce ed efficace di verificare la qualità della compattazione di terreni e strati portanti durante o alla conclusione dei lavori. Usando la Piastra Dinamica, non è necessario alcun peso di contrasto e i lavori in cantiere possono proseguire normalmente durante l'esecuzione delle misurazioni.

28.3.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM E2583 - Standard Test Method for Measuring Deflections with a Light Weight Deflectometer (LWD).

28.4 DETERMINAZIONE CBR IN SITO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.130** “Determinazione CBR in sito”

28.4.1 Descrizione

La prova viene utilizzata per la determinazione in sito dell'indice di portanza di un terreno compattato nelle costruzioni stradali.

28.4.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 13286-47 - Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 47: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento;
- ASTM D1883 - Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils.

28.5 PROVA CON MARTINETTO PIATTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.075** “Determinazione dello stato di sollecitazione con martinetto piatto”

28.5.1 Descrizione

Consente la valutazione dello stato tensionale tramite lettura della pressione necessaria a ripristinare la convergenza dei lembi di un taglio piano praticato perpendicolarmente alla superficie di prova.

28.5.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D4729-87, ISRM Suggested methods of rock stress determination.

28.5.3 Documentazione finale

La documentazione della prova comprenderà, oltre alle informazioni generali e sulla ubicazione della prova:

- descrizione geomeccanica dell'ammasso con documentazione fotografica;
- descrizione delle apparecchiature di prova (di carico e di misura), loro specifiche tecniche, certificati di calibrazione, documentazione fotografica;
- tabelle delle letture originali;
- grafico deformazioni/carichi;

- valore dello stato di sollecitazione misurato e del modulo di deformabilità;
- documentazione fotografica della prova in corso di esecuzione.

29 POZZETTI E TRINCEE ESPLORATIVE

Le attività riguardano lo scavo di pozzetti geognostici.

29.1 POZZETTI GEOGNOSTICI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.145** “Approntamento e installazione escavatore per scavo di pozzetto esplorativo o per apertura di piste di accesso”
- **IG.05.150** “Scavo di pozzetti esplorativi”

29.1.1 Descrizione

Comprendono tecniche a basso costo quali:

- trincea: eseguita con scavo a mano e/o con mezzi meccanici, generalmente a profondità di 2 - 4 m (al massimo fino a 6 - 7 m);
- pozzi sonda: eseguiti con scavo a mano e/o con mezzi meccanici, con le relative armature e/o opere di sostegno;

Gli scavi dovranno risultare ispezionabili ed in sicurezza per tutto il tempo necessario per le indagini.

Se lo scavo è spinto al di sotto della falda valgono le prescrizioni riportate nella Sezione “Movimenti di terra” del relativo Capitolato.

Il mantenimento degli scavi aperti, comporta l’obbligo di adeguati provvedimenti contro infortuni e danni a terzi, rispettando la Normativa in materia di prevenzione infortuni ed igiene del lavoro.

29.1.2 Modalità esecutive

Si richiede una larghezza minima di 2.5 m; per le operazioni di campionamento si richiede una sezione orizzontale di almeno 1.0x1.5 m².

L’armatura di sostegno dovrà essere commisurata alle spinte prevedibili del terreno alle varie profondità, nelle condizioni più sfavorevoli.

L’occlusione definitiva degli scavi deve essere condotta in modo da non alterare il naturale deflusso delle acque superficiali e sotterranee e da non pregiudicare la stabilità dei versanti interessati o di manufatti in prossimità.

All’interno degli scavi si potranno recuperare, con modalità ed attrezzature idonee:

- campioni rimaneggiati (cubici, cilindrici, sciolti);
- campioni indisturbati (cubici, cilindrici).

Il contenitore recherà un'etichetta o una scritta che identifichi chiaramente il campione:

- cantiere;
- codice univoco del pozzetto esplorativo;
- codice univoco del campione;
- quota di prelievo;
- parte alta del campione.

Il prelievo deve essere realizzato su fronti di scavo freschi, dopo aver asportato lo strato superficiale disseccato, alterato o allentato, e documentato con esaustiva documentazione fotografica.

29.1.3 Documentazione finale

Consta di:

- Rapporto tecnico conclusivo, riportante l'ubicazione dei punti scavo, la descrizione delle attrezzature e della metodologia utilizzata;
- stratigrafia del pozzetto, con indicazione delle caratteristiche litologiche, delle quote di prelievo dei campioni e dell'eventuale presenza di acqua.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie:

- delle postazioni che dovranno mettere in evidenza l'ubicazione e l'assetto del cantiere durante le attività;
- dell'interno dello scavo allo scopo di metterne in evidenza la stratigrafia e le prove realizzate, con apposizione di riferimento metrico e scala colorimetrica.

PARTE QUARTA – INDAGINI GEOFISICHE

30 PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI

L'oggetto della presente Sezione del Capitolato concerne le attività di indagine sia diretta che indiretta in situ per la definizione dei caratteri litologici, stratigrafici, idrogeologici e delle proprietà geotecniche del volume di terreno rappresentativo per l'opera in progetto.

Le risultanze di tali indagini permettono di collezionare una banca dati fondamentale, in quanto forniscono quei parametri sito specifici sulla base dei quali vengono dimensionate le opere e gli interventi in progetto.

L'Affidatario è obbligato a garantire la presenza in cantiere, a tempo pieno, di un tecnico qualificato (Geologo o Ingegnere Geotecnico), iscritto all'Albo professionale, con la qualifica di "Responsabile di cantiere". Egli curerà e coordinerà l'esecuzione delle indagini ed avrà inoltre il compito di avvertire tempestivamente l'ANAS di eventuali esigenze di modifiche, variazioni e spostamenti rispetto al programma d'indagine approvato. Tali modifiche non potranno essere eseguite in assenza di autorizzazione formale da parte dell'ANAS.

L'Affidatario sarà tenuto a comunicare all'ANAS, all'atto della consegna dei servizi, il nominativo ed i riferimenti del Responsabile di cantiere, la data prevista di effettivo inizio degli stessi e il cronoprogramma delle attività.

L'Affidatario è tenuto a verificare, preventivamente all'esecuzione delle prove geofisiche in foro, la correttezza del tipo o delle modalità di cementazione della tubazione utilizzata e del relativo corredo: la società Affidataria si impegna, pertanto, a comunicare tempestivamente all'ANAS la presenza di eventuali anomalie o carenze che venissero riscontrate, dandone, laddove richiesta, anche specifica evidenza strumentale.

Dovrà essere redatto un Rapporto Tecnico Conclusivo, nel quale verranno descritte le metodologie di indagine applicate, la strumentazione impiegata, i riferimenti alle norme e alle procedure adottate per la conduzione delle prove. Verrà allegata al suddetto rapporto tutta la documentazione per come indicata nelle singole voci descrittive delle diverse metodologie di indagine.

31 LOG GEOFISICI

L'esecuzione di log geofisici in foro di sondaggio (detti anche carotaggi geofisici) permette di definire alcuni specifici parametri fisici fondamentali per la ricostruzione stratigrafica e per la definizione delle caratteristiche fisiche dei litotipi campionati.

L'equipaggiamento per l'esecuzione dei logs geofisici appare complesso e molto. La strumentazione base, che varia in funzione delle varie tipologie di acquisizione e della profondità da raggiungere, attualmente si compone delle seguenti parti: una o più sonde da introdurre nel pozzo, un rullo con sistema di svolgimento/riavvolgimento del cavo (mono o pluricanale) di collegamento con la superficie con motore elettrico ed un PC portatile con software per l'acquisizione, registrazione ed interpretazione del segnale.

I dati sono acquisiti in formato digitale con sistema di trasmissione dati sonda-superficie con doppio processore combinato con un sistema di modulazione, così da permettere la visualizzazione in continuo delle diagrafie con possibilità di variare sia il passo di campionamento sia la velocità di acquisizione dei dati.

Per la maggior parte dei parametri (resistività, gamma, caliper, sonico e televiewer), l'acquisizione avviene in fase di risalita mentre si è soliti utilizzare la discesa per i parametri relativi alla caratteristiche del fluido presente in foro (temperatura e resistività del fluido). Il passo di campionamento è generalmente di 10-20 cm ma può variare in funzione della lunghezza del foro da investigare. La velocità di acquisizione dei dati dipende dal tipo di parametro che si sta misurando e dal tipo di strumentazione. In media, la velocità di movimentazione delle sonde varia da 3 m/min a 7-9 m/min.

L'elaborazione dei dati avviene mediante software specifici che permettono la visualizzazione e l'interpretazione simultanea dei dati acquisiti. I moderni software di interpretazione forniscono direttamente i valori dei vari parametri acquisiti già corretti in funzione dell'effettivo diametro di perforazione.

Il Rapporto finale prevede la descrizione complessiva delle operazioni svolte, la definizione delle caratteristiche generali della strumentazione utilizzata (specifiche tecniche, range operativi ed incertezza delle misure), i risultati dell'interpretazione qualitativa e quantitativa dei dati acquisiti, un'elaborato grafico contenente le diagrafie dei vari parametri acquisiti affiancate, talvolta, dalla colonna stratigrafica interpretativa, il tabulato delle misure effettuate con il relativo passo di campionamento.

31.1 OTTICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.022.7.1 "Approntamento attrezzatura per Logs Geofisici"
- IG.05.022.7.2 "Esecuzione Logs Geofisici"
- IG.05.022.7.2a "OTTICO"

31.1.1 Descrizione

Il log ottico dei fori di sondaggio consente di misurare e descrivere con notevole accuratezza e precisione le caratteristiche geometriche e geomeccaniche delle discontinuità, la giacitura di elementi stratimetrici nonché il dimensionamento di cavità.

La sonda OBI (*Optical Borehole Imager*) o BIPS (*Borehole Image Processing System*) riproduce un'immagine orientata a colori della parete del foro di sondaggio oppure del rivestimento. In questo modo viene realizzata un'immagine continua della parete del foro, che viene rappresentata come sviluppo planare. Sull'immagine sono facilmente riconoscibili fessure aperte o riempite e fratture, nonché tagli, danneggiamenti, giunti ecc. del rivestimento.

31.1.2 Modalità esecutive

La prova si esegue con una telecamera a colori ad alta definizione montata su aste di alluminio centimetrare o su cavo idoneo dotato di sistema di rilevamento profondità consente la visione diretta delle condizioni geostrutturali di un ammasso roccioso e/o delle caratteristiche stratigrafiche delle formazioni perforate da un sondaggio verticale o sub-verticale, l'individuazione di eventuali cavità e discontinuità.

Lo strumento impiegato dovrà presentare le seguenti caratteristiche minime:

- sonda munita di videocamera, con relativa illuminazione, specchio troncoconico di riflessione, unità magnetometrica per la determinazione dell'orientazione, unità servoaccelerometrica per la determinazione dell'inclinazione del foro e di dispositivi di centratura nel foro; in ogni caso la sonda utilizzata dovrà garantire una risoluzione non superiore a 0,5 mm / 720 pixel;
- unità di elaborazione e registrazione delle immagini munita di monitor a colori, in grado di ottenere, attraverso la digitalizzazione di un'immagine orientata, una sviluppata a 360° della parete del foro;
- cavi di collegamento, con dispositivo di calata nei fori verticali, che permette di regolare la discesa della sonda e di misurarne la profondità;
- unità di analisi, in grado di elaborare su monitor le immagini a 360° registrate in sito e di acquisire le immagini da video mediante apposito software; in particolare questa unità deve consentire di selezionare le discontinuità in base alla tipologia (stratificazione, scistosità, vene di minerale, fratture, ecc.), alle caratteristiche morfologiche (planari, irregolari, non continue, lenticolari, ecc.), al grado di alterazione (fresche, ossidate, argillificate, ecc.) e di misurarne la giacitura e l'apertura. L'unità dovrà anche consentire l'elaborazione statistica dei dati.

Il foro di sondaggio dovrà essere verticale o sub-verticale, del tutto privo di rivestimento, asciutto o contenente acqua limpida, decantata per almeno 3÷4 ore prima dell'ispezione. Il diametro del foro deve permettere l'inserimento della telecamera ed il suo scorrimento all'interno senza ostacoli o rallentamenti nell'avanzamento (diametro minimo 3").

La telecamera dovrà essere calata lentamente nel foro, a velocità uniforme non superiore a 0,75÷1,5 m/min e comunque tale da garantire una risoluzione finale non superiore a 0,5 mm.

Le annotazioni relative ai dati generali dell'ispezione e agli aspetti particolari di quanto osservabile saranno eseguite mediante sovrapposizione su video, con l'uso della tastiera per la videoscrittura o mediante registrazione audio.

Tutte le immagini su monitor, incluse le annotazioni aggiunte, dovranno essere registrate su idoneo supporto

digitale (hard-disk, CD-DVD, ecc.) in formato riproducibile (Avi, MPeg, ecc.) da definire preventivamente con ANAS.

31.1.3 Documentazione finale

Al completamento dell'indagine dovrà essere presentata, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, la seguente documentazione:

- relazione descrittiva contenente le informazioni generali (cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore), le caratteristiche tecniche della sonda televisiva (dimensioni, tipo e caratteristiche obiettivi), le informazioni necessarie per la completa comprensione del rilievo televisivo e per le successive elaborazioni;
- planimetria e sezione con l'indicazione della posizione dei rilievi televisivi eseguiti;
- video in formato riproducibile (Avi, MPeg, ecc.), su idoneo supporto digitale (hard-disk, pen-drive, CD-DVD, ecc.);
- la schematizzazione grafica orientata del reticolo dei piani di divisibilità rilevati durante l'ispezione, con l'indicazione di tutte le misure;
- documentazione fotografica a colori di tutto il tratto di foro rilevato, sviluppata a 360° con indicazione dell'orientazione e, per i tratti di foro dei quali è richiesta, anche l'interpretazione geostutturale di dettaglio, che a sua volta comprende:
 - tabella riassuntiva con indicazioni relative alla giacitura, alla tipologia, all'apertura, alla forma della traccia e al grado di alterazione di tutte le discontinuità rilevate;
 - sezioni N-S lungo l'asse del sondaggio con riportate le tracce delle discontinuità rilevate;
 - diagramma della densità di fratturazione, espressa come numero di fratture per metro di foro rilevato;
 - diagramma equiareale di Schmidt con i poli dei piani di discontinuità rilevati per ciascuna zona omogenea in cui risulta divisibile il tratto di foro in esame;
 - diagramma equiareale di Schmidt con le aree di isodensità per ciascuna zona omogenea in cui risulta divisibile il tratto di foro in esame;
 - riproduzioni cartacee e video in 2D e 3D;

- tabella con i dati giacitureali, tipologici e di apertura medi delle famiglie di discontinuità individuate.

31.2 ACUSTICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.022.7.1 “Approntamento attrezzatura per Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2 “Esecuzione Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2b “ACUSTICO”

31.2.1 Descrizione

Esecuzione di rilievo geomeccanico mediante la misura dei parametri giacitureali (immersione ed inclinazione) delle discontinuità intercettate da un foro di sondaggio, eseguita mediante l'impiego di una sonda cilindrica in grado di ruotare di 360° su se stessa, dotata di emettitore di un segnale ultrasonico, dalla cui misura dei tempi di percorrenza – nota l'ampiezza dell'impulso – viene ricavata un'immagine acustica del foro, orientabile grazie all'unità magnetometrica e servoaccelerometrica implementata nella sonda.

31.2.2 Modalità esecutive

Al termine della perforazione viene inserita la strumentazione all'interno del foro di sondaggio per il rilievo dei tratti di interesse.

La profondità alla quale dare inizio all'acquisizione viene raggiunta tramite il sistema costituito dal verricello, i cavi e i centralizzatori di cui è dotata la sonda, e grazie all'ausilio del motore per il recupero dell'attrezzatura e il controllo della velocità di risalita.

La sonda dovrà avere diametro esterno di circa 45 mm, dovrà essere dotata di unità di emissione e acquisizione ultrasonica di frequenza almeno pari a 500Hz, garantire un numero di giri/secondo compresi tra 7 e 12, e consentire almeno 128 acquisizioni per giro. Essa dovrà inoltre essere equipaggiata con un'unità per il controllo dell'orientazione e dell'inclinazione del foro.

Le informazioni acquisite, registrate in remoto, saranno riprodotte su uno schermo per la visualizzazione in tempo reale del rilievo.

L'acquisizione dovrà essere eseguita in tratti di foro non rivestiti, ed anche in presenza di fluidi più o meno torbidi all'interno della perforazione.

L'acquisizione dovrà essere eseguita in risalita a velocità costante, inferiore a 2 m/min, così da garantire una corretta e completa scansione del foro.

L'acquisizione deve poter essere eseguita in fori sia verticali, che variamente inclinati, fino ad orizzontali.

Il rilievo è da ritenersi completo ed eseguito a regola d'arte con la restituzione dei report di acquisizione e delle elaborazioni grafiche e statistiche che permettono di ricostruire il quadro fessurativo del foro, nonché la giacitura delle discontinuità e famiglie di discontinuità intercettate dalla perforazione.

31.2.3 Documentazione finale

La documentazione, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, sondaggio, nominativo dell'operatore);
- informazioni generali sul sondaggio: diametro nominale del foro, profondità, tratti investigati, ecc.;
- informazioni generali dell'apparato di acquisizione, ovvero: caratteristiche tecniche della sonda utilizzata, frequenza del segnale, velocità di rotazione, frequenza di scansione, velocità di risalita;
- diagramma a colori profondità/tempo di percorrenza sviluppato a 360° con indicazione dell'orientazione;
- diagramma a colori profondità/ampiezza sviluppato a 360° con indicazione dell'orientazione;
- giacitura (immersione ed inclinazione) per ciascuna delle discontinuità intercettate suddivise per tipologia (stratificazione, scistosità, fratture, faglie, ecc.), diagrammate in funzione della profondità;
- diagramma della densità di fratturazione, espressa come numero di fratture per metro di foro rilevato;
- proiezioni stereografiche (ovvero proiezioni ciclografiche, ovvero diagrammi equiareali di Schmidt) per il plottaggio dei poli, delle aree di isodensità dei poli e delle tracce ciclografiche delle discontinuità intercettate, nonché per ciascuna delle famiglie riconosciute all'interno del foro rilevato, o per ciascuno dei tratti di foro investigato;
- tabella riassuntiva dei parametri giaciturelle delle discontinuità rilevate, nonché i dati medi per ciascuna delle famiglie di discontinuità individuate;
- diagramma della deformazione del foro definito per tratti omogenei di sondaggio, consistenti in rappresentazioni orientate della forma assunta dal foro rispetto al piano orizzontale.

31.3 SONICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.022.7.1 "Approntamento attrezzatura per Logs Geofisici"
- IG.05.022.7.2 "Esecuzione Logs Geofisici"
- IG.05.022.7.2c "SONICO"

31.3.1 Descrizione

I log sonici forniscono informazioni sulla litologia, la porosità e sui parametri elastici delle formazioni attraversate. Viene utilizzato anche per la localizzazione di fratture aperte e per verificare la qualità della cementazione di un rivestimento, attraverso la misura della velocità di propagazione di impulsi sonici, mediante una sonda cilindrica dotata di un emettitore di impulsi in testa e di uno o più ricevitori all'altra estremità, che registrano l'arrivo delle differenti onde (l'inverso della velocità di propagazione delle onde di compressione (P), di taglio (S) e di Stoneley (St)).

31.3.2 Modalità esecutive

La sonda di prova dovrà essere costituita da un corpo cilindrico con emettitore sonico all'estremità superiore e 1 oppure 2 ricevitori all'estremità opposta, separati da una distanza di $80 \div 100$ cm, se non altrimenti approvato, e da un corpo intermedio costituito da materiale in grado di impedire la diretta propagazione dell'impulso sonico da emettitore a ricevitore.

Nel caso di sonda con 2 ricevitori, anche questi saranno separati da un corpo intermedio in grado di assorbire gli impulsi diretti. Cavi elettrici di connessione della sonda con una centralina di ricezione del segnale, quest'ultima in grado di registrare in millisecondi il tempo di tragitto dell'impulso da sorgente a ricevitore.

La sonda verrà inserita nel foro di sondaggio ed arrestata in corrispondenza di punti distanti fra loro di $20 \div 50$ cm, con misura in corrispondenza di ogni punto di prova del tempo di tragitto dell'impulso sonico.

Le misure saranno eseguite sull'intera lunghezza del foro di sondaggio, se non diversamente richiesto dal programma di lavoro concordato con ANAS.

31.3.3 Documentazione finale

La documentazione, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, comprenderà:

- informazioni generali atte ad identificare ed ubicare completamente la verticale di prova;
- informazioni generali sul sondaggio: diametro nominale del foro, profondità, tratti investigati, ecc.;
- informazioni generali dell'apparato di acquisizione;
- diagramma rappresentante la velocità sonica (km/s) rispetto alla profondità (m);
- nota descrittiva delle operazioni eseguite con commenti e valutazioni interpretative dei risultati ottenuti.

31.4 DIREZIONALITÀ DEL FORO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.022.7.1** "Approntamento attrezzatura per Logs Geofisici"

- IG.05.022.7.2 “Esecuzione Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2d “DIREZIONALITÀ DEL FORO”

31.4.1 Descrizione

Log per la valutazione della deviazione dall'asse teorico dei fori: la misura viene effettuata mediante utilizzo di appositi magnetometri installati all'interno della sonda in grado di rilevare inclinazione ed azimuth del foro.

31.4.2 Modalità esecutive

La sonda viene inserita all'interno del foro di sondaggio per il rilievo dei tratti di interesse.

La profondità alla quale dare inizio all'acquisizione viene raggiunta tramite il sistema costituito dal verricello, i cavi e i centralizzatori, e grazie all'ausilio del motore per il recupero dell'attrezzatura e il controllo della velocità di risalita.

31.4.3 Documentazione finale

La documentazione, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, sondaggio, nominativo dell'operatore);
- informazioni generali sul sondaggio: diametro nominale del foro, profondità, tratti investigati, ecc.;
- informazioni generali dell'apparato di acquisizione;
- report delle operazioni eseguite completo delle informazioni necessarie per la piena comprensione del rilievo e delle successive elaborazioni, con commenti e valutazioni interpretative dei risultati ottenuti;
- diagramma polare della direzione;
- diagramma profondità/direzione.

31.5 CONDUCIBILITÀ ELETTRICA E TEMPERATURA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.022.7.1 “Approntamento attrezzatura per Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2 “Esecuzione Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2e “CONDUCIBILITÀ ELETTRICA E TEMPERATURA”

31.5.1 Descrizione

Log per la misura in continuo della conducibilità elettrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$ normalizzata a 25°C) del fluido presente nel foro e della temperatura ($^\circ\text{C}$). Con questa prova è possibile rilevare anomalie causate da ingressione marina o fluidi termominerali, determinare la salinità dei fluidi, studiare il gradiente geotermico.

Viene anche utilizzata per normalizzare la misurazione della conducibilità elettrica in funzione della temperatura e, quindi, per confrontare tale parametro tra più fori.

31.5.2 Modalità esecutive

La sonda dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- Temperatura;
- Range di misura: $-20^\circ \div 80^\circ\text{C}$;
- Precisione: $< 1\%$;
- Risoluzione: 0.004°C ;
- Conducibilità elettrica;
- Range di misura: $5 \mu\text{S}/\text{cm} \div 2.5 \times 10^5 \mu\text{S}/\text{cm}$;
- Precisione: 1% ($500 - 2.5 \times 10^5 \mu\text{S}/\text{cm}$).

La strumentazione viene inserita all'interno del foro di sondaggio per il rilievo dei tratti di interesse.

La profondità alla quale dare inizio all'acquisizione viene raggiunta tramite il sistema costituito dal verricello, i cavi e i centralizzatori, e grazie all'ausilio del motore per il recupero dell'attrezzatura e il controllo della velocità di risalita.

L'acquisizione avviene sia in discesa che in risalita.

31.5.3 Documentazione finale

La documentazione, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, sondaggio, nominativo dell'operatore);
- informazioni generali sul sondaggio: diametro nominale del foro, profondità, tratti investigati, ecc.;
- informazioni generali dell'apparato di acquisizione;
- report delle operazioni eseguite completo delle informazioni necessarie per la piena comprensione del rilievo e delle successive elaborazioni, con commenti e valutazioni interpretative dei risultati ottenuti;

- diagrammi profondità/conducibilità elettrica e profondità/temperatura.

31.6 GAMMA RAY

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.022.7.1 “Approntamento attrezzatura per Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2 “Esecuzione Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2f “GAMMA RAY”

31.6.1 Descrizione

Misura della radioattività naturale delle rocce attraversate, espressa in unità API o CPS, funzione della loro composizione chimico-mineralogica, a scopo di correlazioni litostratigrafiche di estremo dettaglio, in particolare per discriminazione dei livelli argillosi da quelli arenacei o carbonatici. L'emissione dei raggi, che di solito proviene dal decadimento del potassio-40 e dell'uranio o del torio e dai loro prodotti di decadimento, viene registrata anche in fori rivestiti.

31.6.2 Modalità esecutive

La sonda viene inserita all'interno del foro di sondaggio per il rilievo dei tratti di interesse.

La profondità alla quale dare inizio all'acquisizione viene raggiunta tramite il sistema costituito dal verricello, i cavi e i centralizzatori, e grazie all'ausilio del motore per il recupero dell'attrezzatura e il controllo della velocità di risalita.

A step di 10 cm avviene la misura degli impulsi luminosi, convertiti in impulsi elettrici, emessi dallo scintillatore (generalmente un cristallo di Ioduro di Sodio drogato con Tallio NaI[Tl]), con cui sono equipaggiate le sonde utilizzate, quando colpito dai raggi gamma.

31.6.3 Documentazione finale

La documentazione, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, sondaggio, nominativo dell'operatore);
- informazioni generali sul sondaggio: diametro nominale del foro, profondità, tratti investigati, ecc.;
- informazioni generali dell'apparato di acquisizione;
- durata della prova ed intervalli di campionamento;
- diagramma profondità/conteggio totale dei raggi gamma;
- diagramma profondità/GR espressi in n° per secondo - cps (*counts per second*).

31.7 MICROMULINELLO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.022.7.1 “Approntamento attrezzatura per Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2 “Esecuzione Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2g “MICROMULINELO”

31.7.1 Descrizione

Misura della velocità verticale del flusso idrico a varie profondità all'interno dei sondaggi attrezzati con tubi piezometrici fessurati attraverso il micromulinello (costituito da un'elica rigida protetta da una gabbietta ovoidale del diametro esterno di 42 mm oppure 70 mm), associato ad un contatore di impulsi a cellula fotoelettrica e ad un registratore di impulsi collegato a un contasecondi in grado di visualizzare direttamente il numero di giri dell'elica in un intervallo di tempo predeterminato e compreso tra 20 sec e 200 sec. Completano la strumentazione i cavi elettrici di collegamento del sensore al registratore ed una bobina avvolgicavo con lettore della profondità del sensore.

31.7.2 Modalità esecutive

Le misure sono da eseguirsi in colonne filtranti costituite da tubazioni finestrate del diametro da 2" a 4" (i vuoti devono costituire almeno il 10% della superficie fessurata, con aperture di 0,4-1,0 mm) e da tubazioni cieche di diametro pari a quelli finestrati, giuntabili ai medesimi, ed interamente ricoperte da calza in tessuto-non-tessuto oppure da rete di nylon a maglia di 0,5 mm, fissata solidamente alla tubazione stessa, con alle estremità idonei tappi impermeabili di isolamento.

La perforazione sarà eseguita con diametro maggiore o uguale a 100 mm, con fluidi costituiti da sola acqua pulita, evitando rifluimenti in colonna e decompressioni del terreno circostante che possano alterare l'uniformità della sezione lungo la perforazione. Nell'intercapedine tra la tubazione piezometrica e la parete del foro andrà inserito un filtro di ghiaietto pulito ($\varnothing=2\div 4$ mm).

Alla fine della perforazione si dovrà eseguire un buon lavaggio del foro con acqua pulita; la pressione e la quantità di acqua di spurgo dovrà essere regolata su valori minimi.

Prima di procedere ad effettuare la prova, si determineranno i seguenti parametri del sensore:

Vo = velocità iniziale di spunto (dipende dagli attriti di origine meccanica che si sviluppano nel perno dell'elica); R = coefficiente di riduzione (tiene conto della perturbazione della velocità naturale che si verifica per la presenza dell'elica).

Prima di calare il sensore nel foro si controllerà che l'elica ruoti liberamente e che il contatore di impulsi funzioni regolarmente. Dovrà, inoltre, essere tarato il passo dell'elica (per la conversione da giri/sec a cm/sec) usando uno spezzone di tubo uguale a quello posto in opera.

Le misure in sito con il micromulinello devono essere eseguite, ogni 20-50 cm per tutta l'altezza del tubo fessurato; tuttavia in particolari posizioni possono essere richieste anche letture ad intervalli inferiori.

Per ciascuna posizione di misura deve essere rilevato il numero di giri al secondo dell'elica, mediato su un intervallo di 10-60 secondi, nonché il senso della corrente, ascendente o discendente.

Le misure devono essere eseguite nelle due seguenti condizioni:

- in condizioni idrauliche naturali, per rilevare eventuali correnti naturali del terreno;
- durante l'immissione o l'estrazione d'acqua con cui si realizza un flusso d'acqua "transitorio" attraverso il terreno.

Prima di iniziare le misure deve essere accuratamente misurato il livello statico e dinamico stabilizzato della falda. In presenza di falda artesianica, per effettuare le misure in condizioni naturali, il tubo di prova deve essere

prolungato al di sopra del p.c. fino ad ottenere un livello statico, mentre per effettuare le misure di tipo b) si deve ripristinare la situazione di artesianesimo e misurare la portata d'acqua che fuoriesce.

La prova con micromulinello si intende conclusa quando sono state eseguite le misure sia in discesa che in risalita, in condizioni di falda naturale ovvero di falda dinamica, per tutta l'altezza della colonna filtrante.

31.7.3 Documentazione finale

La documentazione preliminare di una prova deve comprendere il grafico delle velocità misurate alle varie profondità nelle due condizioni di prova e le relative tabelle dei dati misurati oltre ai rilievi dei livelli di falda, delle portate immesse od emunte ed il grafico della taratura iniziale dello strumento.

La documentazione finale comprenderà una Relazione conclusiva interpretativa dei risultati ottenuti, contenente tra l'altro:

- schema geometrico del sondaggio attrezzato;
- livello della falda;
- quota assoluta del piano campagna;
- caratteristiche dell'attrezzatura;
- risultati della taratura;
- tabulati delle letture di ciascuna serie di prove;
- grafico V su profondità in condizioni naturali, per ciascuna serie di letture, essendo:

$$V = (nd/R) + V_0$$

dove:

- n = numero di giri dell'elica per unità di tempo;
- d = passo dell'elica;
- R = velocità di spunto iniziale;
- V_0 = coefficiente di riduzione;
- grafico V' su profondità in condizioni di flusso forzato per immissione, per ciascuna serie di letture;
- grafico $V' - V$ su profondità, utilizzando per ciascuna singola profondità i valori medi misurati.

31.8 CALIPER MECCANICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.022.7.1 “Approntamento attrezzatura per Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2 “Esecuzione Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2h “CALIPER MECCANICO”

31.8.1 Descrizione

Strumento utilizzato per misurare il diametro di un foro e come esso varia con la profondità. Da tale misura si può risalire al riconoscimento di zone più o meno fratturate e/o permeabili, alla misura del volume del foro per valutazioni sulla quantità di cemento o ghiaia di riempimento; valutazione delle sezioni di foro per calibratura *packers* per le prove di pozzo. La misura del diametro del foro è, infine, utile per la calibrazione dei dati acquisiti con sonde di diverso tipo. Può essere impiegato anche su fori rivestiti per l'analisi di eventuali rotture, incrostazioni o deformazioni della colonna.

31.8.2 Modalità esecutive

Requisiti minimi dello strumento:

- n° bracci: 3;
- range di misura: 50 – 400 mm;
- precisione: 1 mm;
- risoluzione: 0,5 mm.

La sonda viene inserita all'interno del foro di sondaggio per il rilievo dei tratti di interesse.

La profondità alla quale dare inizio all'acquisizione viene raggiunta tramite il sistema costituito dal verri-cello, i cavi e i centralizzatori, e grazie all'ausilio del motore per il recupero dell'attrezzatura e il controllo della velocità di risalita.

L'acquisizione avviene per mezzo dei bracci, i quali sono premuti contro la parete del foro mentre lo strumento viene sollevato dalla parte inferiore del foro. Il movimento in entrata e in uscita dalla parete del foro viene registrato elettricamente e trasmesso all'apparecchiatura di registrazione in superficie.

Il rilievo è da ritenersi completo ed eseguito a regola d'arte con la restituzione dei report di acquisizione e delle elaborazioni grafiche e statistiche delle misure.

31.8.3 Documentazione finale

La documentazione, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, sondaggio, nominativo dell'operatore);
- informazioni generali sul sondaggio: diametro nominale del foro, profondità, tratti investigati, ecc.;
- informazioni generali dell'apparato di acquisizione;
- diagramma profondità/diametro del foro.

32 PROSPEZIONI SISMICHE

Le attività riguardanti le prospezioni sismiche sono suddivise nelle sottoelencate categorie:

- Prove Down-Hole;
- Prove Cross-Hole;
- Prospezioni sismiche a rifrazione;
- Prospezioni sismiche a riflessione;
- Prospezione sismica ibrida;
- Prospezione geotomografica;
- Prove per onde superficiali attive (MASW);
- Prove per onde superficiali passive (RE.MI.);
- Indagini di sismica passiva (HVSr).

Data la natura dei servizi richiesti il Geologo o l'Ingegnere geotecnico, in possesso dell'abilitazione alla professione, indicato dall'Affidatario, sarà responsabile dell'intero svolgimento dei servizi e curerà e coordinerà l'esecuzione delle attività di indagine. Avrà cura di verificare che le indagini vengano effettuate secondo le direzioni impartite da ANAS, e ove non sia possibile per oggettive ragioni non dipendenti dalla responsabilità dell'Affidatario, di comunicarlo tempestivamente prima di procedere all'esecuzione. Il responsabile accerterà che le prospezioni vengano realizzate con un grado di qualità tali da non inficiare il

buon esito dell'indagine e l'utilità delle informazioni per le quali le stesse sono state commissionate. In caso contrario renderà conto ad ANAS dell'operato dell'Affidatario.

L'Affidatario provvederà alla georeferenziazione delle indagini, ovvero del singolo punto di indagine (per le indagini puntuali) o degli estremi dello stendimento (per le linee, i tracciati o i profili sismici).

Il Geologo o l'Ingegnere indicato dall'Affidatario, sarà anche responsabile della stesura della relazione tecnica conclusiva, e di tutti gli elaborati grafici richiesti, che contenga oltre alle informazioni generali sulla campagna di indagine (progetto, località, data di inizio e fine indagine, nominativi del personale impiegato, ecc.) anche l'illustrazione della strumentazione impiegata e della tipologia di prospezioni realizzate.

In particolar modo dovrà essere prodotta al termine della campagna di indagine una planimetria ubicativa riportante appunto le ubicazioni delle singole prospezioni, univocamente identificabili, e le relative caratteristiche (prova down-hole, prova cross-hole, linea sismica a rifrazione, linea sismica a riflessione, MASW, ecc.).

L'elaborato dovrà essere redatto su basi topografiche di adeguato dettaglio e georeferenziato nel sistema UTM (ellissoide di riferimento WGS84) e Gauss-Boaga. Inoltre dovrà avere un dettaglio ed una scala di rappresentazione adeguato e commisurato alle esigenze che ANAS manifesterà all'Appaltatore nel corso del contratto.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie delle postazioni, che dovranno mettere in evidenza l'ubicazione l'apparato per le indagini.

32.1 PROVE DOWN-HOLE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.195** "Tubo in PVC per protezione fori di geofisica"
- **IG.05.205** "Impianto cantiere e trasporto attrezzatura per prospezioni sismiche e posizionamento apparecchiatura"
- **IG.05.230** "Prove sismiche down-hole all'interno di sondaggi geognostici"

32.1.1 Descrizione

Metodo geofisico per la misura in sito della velocità di propagazione V_p delle onde sismiche longitudinali e V_s delle onde trasversali per la determinazione dei parametri di deformabilità in condizioni dinamiche dei terreni.

32.1.2 Modalità esecutive

Le misure si eseguiranno mediante la misurazione dei tempi di tragitto di impulsi sismici da un emettitore ad un ricevitore, quest'ultimo posto all'interno di un foro di sondaggio adeguatamente rivestito con tubazione apposita.

La esecuzione della prova richiede la predisposizione di un foro di sondaggio attrezzato con tubazioni.

Le modalità di esecuzione della prova saranno le seguenti:

- posizionamento e bloccaggio del ricevitore in corrispondenza del primo punto di prova, in accordo al programma di lavoro;
- generazione dell'impulso (è ammessa anche la somma di più impulsi) e registrazione degli arrivi degli impulsi longitudinali e di taglio;
- ripetizione delle medesime operazioni lungo tutta la verticale di prova.

Le misure saranno relative all'intervallo di profondità ed avranno la frequenza specificata dal programma di lavoro (la frequenza oscilla di norma tra una misura ogni 0,5 m ed una ogni 3,0 m).

In cantiere, prima dell'installazione, si dovrà provvedere a:

- controllare che i tubi non presentino lesioni o schiacciature dovuti al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- controllare che le estremità dei tubi non presentino sbavature che possono compromettere il buon accoppiamento;
- verificare l'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna;
- controllare e preparare i componenti per la realizzazione della miscela di cementazione che sarà composta da acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;
- controllare gli utensili per l'installazione, ed in particolare l'efficienza della morsa di sostegno.

Per la esecuzione delle misure geofisiche si utilizzeranno le sottoelencate attrezzature:

- sistema di energizzazione (per onde di compressione P) costituito da:
 - martello strumentato lasciato cadere con violenza su una piastra metallica appoggiata al suolo;
 - cannoncino sismico;
 - energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici trainati e/o trasportati;

- sistema di energizzazione (per onde di taglio SH) costituito da una massa battente manovrata a mano, pneumaticamente o oleopneumaticamente agente a percussione sul piano orizzontale in modo coniugato (180°) su un'incudine di legno o di altro materiale, ben saldo al terreno solo per attrito radente e posto nelle adiacenze della testa foro. È onere e responsabilità dell'Impresa dimensionare correttamente la sorgente, in funzione della natura e caratteristiche dei terreni interessati e che sono da considerarsi noti, in quanto le misure sono successive alla perforazione dei sondaggi entro i quali si eseguono le stesse.
- geofoni da foro tridimensionali, a frequenza compresa fra 8 e 14 Hz, e di diametro minore o uguale a 70 mm, da calare nel foro a profondità prefissate, in grado di registrare i tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio; ogni ricevitore deve potere essere reso solidale con la tubazione di rivestimento del foro tramite un dispositivo di bloccaggio meccanico, pneumatico e/o elettrico.

In caso si utilizzi un solo ricevitore, questo potrà essere anche:

- a doppia terna ovvero costituito da due terne cartesiane ortogonali di ricevitori spaziate fra lo ro di un metro (1 Verticale e 2 Orizzontali)
- costituito da 3 o più geofoni orizzontali (1 Verticale 3 o più geofoni Orizzontali) disposti sul piano orizzontale ad angoli variabili (60° se 3 geofoni orizzontali – 45° de 4 geofoni orizzontali)
- sismografo registratore con un numero di canali uguale o superiore al numero di ricevitori utilizzati, in grado di realizzare campionature di segnali tra 0.025 e 2 millisecondi e dotato di filtri high pass, band pass e band reject, di "Automatic Gain Control" e di convertitori A/D del segnale campionato ad almeno 16 bit;
- apposito software per l'elaborazione dei dati, in grado di fornire i valori di velocità delle onde di compressione e di taglio per ogni stazione di misura impiegando interattivamente algoritmi di calcolo adeguati (es. ART, SIRT, e ILSP) previo controllo dei tragitti dei raggi sismici (Ray Tracing Curvilineo).

I tubi per prove "down-hole" avranno sezione circolare, con le seguenti caratteristiche:

- spessore > 3 mm
- diametro interno $\varnothing_{int} = 75 \div 100$ mm

I tubi saranno realizzati in PVC, in spezzoni da circa 3 m di lunghezza ed assemblati mediante filettatura a vite.

La posa in opera dei tubi dovrà avvenire in accordo con le seguenti modalità (l'uso dei manicotti e dei rivetti è facoltativo):

- lavare accuratamente la perforazione con acqua pulita;

- preassemblare i tubi in spezzoni di circa 6.0 m fasciando le giunzioni con nastro autovulcanizzante;
- montare sul primo spezzone il tappo di fondo e fissare il tubo per l'iniezione;
- inserire il primo tubo predisposto nella perforazione (in terreni sotto falda riempire il tubo di acqua per contrastare la spinta di Archimede e favorirne l'affondamento);
- bloccare il tubo mediante l'apposita morsa in modo che dalla perforazione fuoriesca solamente l'estremità superiore;
- inserire lo spezzone successivo ed eseguire l'incollaggio e la sigillatura del giunto;
- allentare la morsa e calare il tubo nel foro (riempiendolo d'acqua se necessario) fissando nel contempo il tubo d'iniezione;
- bloccare la colonna con la morsa quando fuoriesce solamente l'estremità superiore.

Procedere di seguito fino al completamento della colonna annotando la lunghezza dei tratti di tubo inseriti.

Completata la colonna, iniziare la cementazione che dovrà avvenire a bassa pressione (≈ 2 atm) attraverso il tubo d'iniezione, osservando la risalita della miscela all'esterno dei tubi.

I rivestimenti di perforazione dovranno essere estratti, operando solo a trazione, non appena la miscela appare in superficie. Nella fase di estrazione dei rivestimenti il rabbocco di miscela potrà essere eseguito da testa foro anziché attraverso il tubo di iniezione, per mantenere il livello costante a p.c.; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi.

Nella fase finale della cementazione si dovrà provvedere all'installazione attorno al tratto superiore del tubo di prova di un tubo di protezione in acciaio o p.v.c. pesante (diametro interno minimo \varnothing int = 0,12 m, lunghezza $L > 1.0$ m).

Il tubo sporgerà di 15 cm dalla sommità del tubo per prove geofisiche e sarà provvisto di un coperchio in acciaio dotato di lucchetto.

Terminata la cementazione il tubo di prova sarà accuratamente lavato con un attrezzo a fori radiali e acqua pulita.

Se richiesto, alla distanza di 2 m da bocca foro si realizza un cubo in calcestruzzo di lato 50 cm, inserito nel terreno per 20 cm e reso ben solidale con il medesimo.

Il cubo deve, a presa ed indurimento avvenuti, essere resistente alla percussione manuale con mazza da 10 Kg e privo di lesioni, fratture, fessure da ritiro. In alternativa al cubo, sempre se richiesto, sarà realizzato un alloggiamento interrato in cls per l'uso di un percussore idraulico.

Le modalità di esecuzione della prova dovranno essere le seguenti:

- posizionamento e bloccaggio degli energizzatori delle onde di compressione e di taglio in prossimità della bocca pozzo (a qualche metro di distanza dai 2 - 5 m);
- posizionamento e bloccaggio del ricevitore a fondo foro;
- generazione di un impulso di taglio normale e coniugato con relativa registrazione dei tempi di arrivo delle onde di taglio per verifica dei parametri di acquisizione (record time). Durante questo test si deve riconoscere chiaramente l'arrivo delle onde di taglio mediante inversione di polarità del segnale acquisito.

Stabiliti gli esatti parametri di acquisizione si procede con la registrazione nel seguente modo:

- energizzazione delle onde di compressione e registrazione del file relativo;
- energizzazione delle onde di taglio e registrazione del file relativo;
- riposizionamento del ricevitore 1 metro (o quanto stabilito dalla DL) più superficiale rispetto a fondo foro e ripetizione delle energizzazioni di compressione e di taglio come sopra;
- ripetizione delle medesime operazioni lungo tutta la verticale d'indagine.

Le misure saranno relative all'intervallo di profondità e avranno frequenza non inferiore a 1 misura ogni metro di sondaggio.

32.1.3 Documentazione finale

La documentazione delle misure dovrà comprendere quanto sottoelencato:

- informazioni generali atte ad ubicare ed identificare le prove;
- schema geometrico del tubo installato;
- quota assoluta della testa del tubo;
- caratteristiche del tubo installato;
- modalità, quantità e composizione della miscela iniettata nell'intercapedine;
- ubicazione e caratteristiche descrittive del dispositivo di energizzazione con date di esecuzione del getto;
- sismogrammi in originale delle registrazioni di campagna su supporto magnetico;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicati gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi;
- diagrafie riportanti:
 - stratigrafia del sondaggio;
 - tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio;

- velocità delle onde di compressione e di taglio per ogni stazione;
- intervallari delle onde di compressione e di taglio;
- coefficiente di Poisson dinamico;
- modulo di elasticità dinamico;
- modulo di taglio dinamico;
- modulo di compressibilità dinamico;
- tracce sismografiche onde di compressione;
- tracce sismografiche onde di taglio.

32.2 PROVE CROSS-HOLE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.195 "Tubo in PVC per protezione fori di geofisica"
- IG.05.200 "Fornitura, posa in opera e cementazione di tubi in PVC per lavori in galleria"
- IG.05.205 "Impianto cantiere e trasporto attrezzatura per prospezioni sismiche posizionamento apparecchiatura"
- IG.05.225 "Sismiche cross-hole"

32.2.1 Descrizione

Metodo geofisico per la misura in sito della velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali (V_p) e delle onde trasversali (V_s) per la determinazione dei parametri di deformabilità in condizioni dinamiche dei terreni, lungo un percorso orizzontale tra due o più fori di sondaggio.

Le misure si eseguono mediante la misurazione dei tempi di tragitto di impulsi sismici da un emettitore ad un ricevitore posti all'interno di due fori di sondaggio paralleli e ravvicinati, a distanza reciproca di 3 ÷ 8 m.

32.2.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ISRM 1988 - "Suggested methods for seismic testing within and between boreholes".

32.2.3 Documentazione finale

La documentazione delle misure dovrà comprendere quanto sottoelencato:

- informazioni generali atti a ubicare ed identificare le prove;

- schema geometrico di ogni tubo installato;
- quota assoluta della testa del tubo;
- caratteristiche del tubo installato;
- modalità, quantità e composizione della miscela iniettata nell'intercapedine;
- rilievo inclinometrico della verticalità;
- sismogrammi in originale delle registrazioni di campagna su supporto magnetico;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicati gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi;
- diagrafie riportanti:
 - stratigrafie dei sondaggi;
 - tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio;
 - velocità delle onde di compressione e di taglio nella sezione compresa tra i due fori;
 - coefficiente di Poisson dinamico;
 - modulo di elasticità dinamico;
 - modulo di taglio dinamico;
 - modulo di compressibilità dinamico;
 - tracce sismografiche onde di compressione;
 - tracce sismografiche onde di taglio;
 - misure inclinometriche;
 - risultanze finali ed interpretative;
 - Log sonico;
 - diagrammi di V_p e V_s rispetto alla profondità.

Le misure effettuate e la loro restituzione in un grafico che evidenzia la distanza in ogni punto della coppia dei fori per misure "cross-hole" farà parte integrante della documentazione.

32.3 PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.205** "Impianto cantiere e trasporto attrezzatura per prospezioni sismiche e posizionamento apparecchiatura"

- IG.05.208 “Posizionamento attrezzatura su ciascuna base sismica”
- IG.05.210 “Analisi dell’attenuazione anelastica”
- IG.05.215 “Esecuzione di prospezioni sismiche a rifrazione”
- IG.05.220 “Elaborazione tomografica per distanza intergeofonica”
- Q.05.021 “Rilievo topografico del piano completo di prospezione sismica”.

32.3.1 Descrizione

Consiste nella registrazione dei tempi di arrivo delle onde di compressione (P) e delle onde di taglio (SH), create allo scopo tramite opportuna energizzazione, e rifratte dalle superfici di discontinuità che costituiscono contrasti di impedenza del sottosuolo. La registrazione si realizza attraverso uno stendimento di geofoni disposti a intervalli regolari lungo il profilo da indagare. L’equidistanza tra i geofoni ed il loro numero dipendono dal dettaglio e dal target (profondità di indagine richiesta).

La misura dei tempi di arrivo delle onde P e delle onde SH ai diversi geofoni permette di ricostruire l’andamento e la profondità degli orizzonti rifrattori presenti nel sottosuolo e di calcolare le caratteristiche elastiche dinamiche dei terreni e degli ammassi rocciosi investigati.

Normativa di riferimento:

ASTM D 5777 - 95 - Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation.

32.3.2 Caratteristiche delle attrezzature

L’attrezzatura di prova dovrà essere costituita dai seguenti componenti:

- sismografo minimo a 24 canali, con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
- un numero minimo di 24 geofoni verticali (acquisizione onde P) e di 24 geofoni orizzontali (acquisizione onde SH) con frequenza propria variabile tra 8 e 30 Hz;
- sistema di energizzazione adeguato alla lunghezza dei tiri da realizzare, che potrà essere costituito da:
 - martello strumentato, lasciato cadere con energia su una piastra metallica appoggiata al suolo (onde P);
 - martello strumentato, agente lateralmente su un blocco adeguatamente ancorato (per attrito radente) al terreno (onde SH);
 - cannoncino sismico;
 - energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici, trainati e/o trasportati (pendoli), che producono onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale;

- cariche di esplosivo (solo in casi eccezionali).

È necessario che il tipo di energizzatore utilizzato permetta, dopo qualche stack (massimo 5), di determinare inconfutabilmente i primi arrivi su tutti i ricevitori dell'allineamento.

32.3.3 Modalità esecutive

La “copertura” dei tiri (scoppi, energizzazioni) sullo stendimento dovrà essere tale da consentire una corretta e dettagliata ricostruzione del campo di velocità locale, fino alle profondità stabilite dal progetto delle indagini o dalla Direzione Lavori, ed in ogni caso dovranno essere ogni 3, 4 stazioni riceventi; nel caso in cui non sia prevista una elaborazione tomografica i tiri dovranno essere anche esterni allo stendimento di almeno 2 posizioni per ogni estremo.

Per la corretta determinazione delle onde di taglio, sarà necessario realizzare, per ogni punto di energizzazione, anche la registrazione coniugata (rovesciata di 180° sul piano orizzontale rispetto alla direzione individuata dallo stendimento); in tal modo sarà possibile determinare correttamente l'arrivo dell'onda di taglio (dove si avrà inversione di fase) sul sismogramma.

L'elaborazione dei dati dovrà essere realizzata mediante software ad elevata valenza diagnostica in grado di fornire i valori dei parametri di velocità, relativi ai rifrattori individuati, per ogni stazione geofonica (ad esempio software che utilizzi il metodo “GRM” - *Generalized Reciprocal Method*, Palmer '80).

32.3.4 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere i seguenti elaborati:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- sismogrammi originali su supporto cartaceo e/o digitale;
- profili sismostratigrafici in scala adeguata con indicati i valori di velocità delle onde di compressione (V_p) e delle onde di taglio (V_s) calcolati per intervalli omogenei;
- elaborazione a isolinee, o a campiture di colore in caso di elaborazione tomografica, delle velocità delle onde di compressione (V_p) e delle velocità delle onde di taglio (V_s);
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicate le strumentazioni utilizzate, le metodologie operative, gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi, procedure applicate, le risultanze finali ed interpretative;
- planimetria ubicazione indagini in scala adeguata alla lunghezza di ciascuna base sismica su base C.T.R. o aerofotogrammetrica (se disponibile) e su foto aerea;
- documentazione fotografica.

- documentazione fotografica.

32.3.5 Rilievo topografico del piano completo di prospezione sismica

Ad integrazione dell'indagine sismica dovrà essere eseguito un rilievo topografico comprendente la determinazione planoaltimetrica delle ubicazioni dei geofoni e dei tiri (scoppi) delle basi sismiche a rifrazione, riferita a punti notevoli o ad elementi cartografici noti dell'area interessata. Le coordinate del rilievo topografico dovranno essere inquadrare in un sistema di coordinate generale di progetto fornito dal Commitente. Qualora quest'ultimo non risulti disponibile il suddetto rilievo sarà fornito in coordinate relative.

Tale rilievo dovrà essere corredato dai libretti di campagna dei rilievi ed informatizzazione dei dati nei formati digitali stabiliti dalla Direzione Lavori.

32.4 PROSPEZIONI SISMICHE A RIFLESSIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.205** "Impianto cantiere e trasporto attrezzatura per prospezioni sismiche e posizionamento apparecchiatura"
- **IG.05.208** "Posizionamento attrezzatura su ciascuna base sismica"
- **IG.05.240** "Esecuzione di prospezione sismica a riflessione"

32.4.1 Descrizione

Consiste nell'energizzazione del sottosuolo e nella registrazione degli arrivi delle onde di compressione (onde P) e di taglio (onde SH) riflesse, in corrispondenza di geofoni verticali e/o orizzontali disposti secondo un allineamento con interassi tra i geofoni e lunghezza totale dello stendimento tali da permettere una adeguata profondità di indagine.

32.4.2 Modalità esecutive

L'attrezzatura richiesta per l'esecuzione di profili sismici a riflessione è la seguente:

- sismografo minimo a 48 canali, con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
- minimo 48 geofoni verticali a frequenza propria variabile tra 25 e 100 Hz;
- sistema di energizzazione adeguato alla profondità di indagine che potrà essere costituito da:
 - martello strumentato lasciato cadere con violenza su una piastra metallica appoggiata al suolo (onde P) o agente lateralmente su un blocco adeguatamente ancorato al terreno

(onde SH);

- cannoncino sismico;
- energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici trainati e/o trasportati;
- cariche di esplosivo.

Il rilievo sismico a riflessione dovrà essere eseguito per mezzo di stese lineari con geofoni posti ad intervalli regolari scelti in relazione alla profondità dell'obiettivo da raggiungere. In generale l'interdistanza tra i geofoni dovrà essere pari a 0.5, 1, 2.5, 5 metri.

I punti di origine dell'energia dovranno essere ubicati o nel centro di simmetria del gruppo di registrazione (metodologia "Split Spread") oppure ad un estremo dello stendimento (metodologia "End On") o infine in posizione distanziata dai due punti precedenti fino ad un massimo di 30-50 metri dalla stesa ed in direzione parallela alla stesa stessa.

L'indagine e l'elaborazione dei dati dovranno garantire una "copertura multipla" minima del 1200%.

La prospezione sismica a riflessione dovrà essere realizzata secondo criteri di "stacking orizzontale" mediante copertura multipla di stendimenti in ragione variabile da un minimo del 1200% secondo gli indirizzi e la finalità dell'indagine.

Con un registratore a 48 canali si può ottenere una copertura multipla del 1200 % energizzando ogni due distanze intergeofoniche mentre se si energizza ogni distanza intergeofonica si ottiene una copertura multipla del 2400%.

Allo stesso modo utilizzando un sismografo a 96 canali si ottiene una copertura multipla del 4800% energizzando ad ogni distanza intergeofonica; mentre se si energizza al doppio della distanza intergeofonica si ottiene una copertura multipla del 2400% e, infine, si può ottenere una copertura multipla del 1200% energizzando ogni 4 distanze intergeofoniche.

La prospezione sismica a riflessione dovrà indicativamente rispettare le seguenti correlazioni tra spaziatura intergeofonica della linea (da 48 canali di registrazione) e profondità ottimale dell'obiettivo di indagine.

Tabella 9 – Valori di spaziatura intergeofonica in relazione alla profondità.

Spaziatura intergeofonica	Profondità obiettivo
0.5 m	< 25 m
1 m	25 – 50 m
2,5 m	50 – 100 m
5 m	> 100 m

L'insieme dei dati acquisiti dovrà essere organicamente elaborato, mediante software dotati di alta valenza risolutiva, attuando nel modo più rigoroso le fasi sequenziali del procedimento analitico:

1. Correzioni statiche;
2. Muting;
3. Analisi spettrale;
4. Filtraggi sia nel dominio dei tempi che in quello delle frequenze con filtri variabili;
5. FK filter sia in velocità che polinomiali;
6. Analisi di velocità (*Normal Move Out*);
7. Deconvoluzione;
8. Stacking;
9. Correzioni statiche residue;
10. Migrazione.

32.4.3 Documentazione finale

La documentazione finale dovrà comprendere i seguenti elaborati:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- cartografia scala :2.000 (oppure diversa se approvata) con esatta ubicazione degli stendimenti, dei punti di stazione dei capisaldi, corredata del libretto di campagna dei rilievi topografici eseguiti;
- sismogrammi in originale su supporto magnetico o disco ottico delle registrazioni di campagna;
- sismosezioni dei tempi (μs) in ordinate e delle distanze (m) in ascisse della elaborazione finale di ogni linea sismica a riflessione atte a configurare qualitativamente le situazioni geotettoniche primarie;
- sismosezioni delle profondità (m) in ordinate e delle distanze (m) in ascisse della elaborazione finale di ogni linea sismica a riflessione;
- relazione conclusiva con indicate le metodologie impiegate, gli algoritmi e i criteri di calcolo ed elaborazione adottati con commenti sulle risultanze ottenute e correlazione con le informazioni di natura geologica dell'area in esame;
- documentazione fotografica.

32.5 PROSPEZIONE SISMICA IBRIDA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.205** “Impianto cantiere e trasporto attrezzatura per prospezioni sismiche posiziona-mento apparecchiatura”
- **IG.05.208** “Posizionamento attrezzatura su ciascuna base sismica”
- **IG.05.240.i** “IBRIDA”

32.5.1 Descrizione

Indagine congiunta di sismica tomografica e sismica a riflessione i cui segnali sismici acquisiti vengono processati sia in tomografia che in riflessione.

32.5.2 Modalità esecutive

La profondità massima indagata è circa 1/4 - 1/5 della lunghezza dei tiri sismici e per ottenere dei risultati ottimali occorre mantenere il target della ricerca entro i 2/3 della profondità massima indagata, quindi ad esempio per una profondità di interesse geognostico di 60 m la profondità d'indagine sarà $60 + 60 \cdot 2/3 = \sim 100$ m.

Questo a dire che se il target è entro 100 m di profondità abbiamo una lunghezza minima di modulo sismico di acquisizione che sarà almeno 4-5 volte la profondità quindi 400-500 m, questa misura corrisponde alla lunghezza minima del modulo sismico ed anche alla lunghezza minima del “tiro” sismico” più esteso il che significa, ad esempio per una spaziatura dei sensori di 2.5 m, acquisire almeno $400 (500)/2.5 = 160-200$ sensori per ogni energizzazione.

Le interdistanze fra i sensori vengono definite dalla tecnica a riflessione in funzione della profondità minima del target di interesse geognostico e non dalla profondità massima dell'indagine che è solo funzione della quantità di energia che viene utilizzata.

Questo a dire che se il settore d'indagine è entro 100 m dal piano campagna sarà necessario programmare dei parametri di acquisizione che siano calibrati per una profondità inferiore allo scopo di dare una adeguata risoluzione al tratto tra il piano campagna ed il target cioè nel settore analizzato dalla tomografia sismica.

La interdistanza geofonica dovrà essere di 2.5 m.

Ne deriva che il numero dei sensori da utilizzare per ogni modulo minimo di acquisizione ma anche per ogni record sismico (numero di canali) sarà derivato dal rapporto tra la lunghezza del modulo (dalla sismica tomografica) e l'interdistanza dei sensori (dalla riflessione).

Ovviamente i sensori dovranno essere tutti collegati ad un sistema di sismografi in rete locale che in questo caso di 160~200 sensori corrisponde ad 7 - 9 sismografi da 24 canali (168-216 canali).

Le energizzazioni andranno effettuate ogni 2 - 3 stazioni geofoniche in onde di compressione o di taglio.

Il processing dei dati sarà effettuato in tomografia sismica e ed in riflessione.

L'elaborazione dovrà essere, quindi sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropica, la quale dovrà fornire, previa elaborazione con metodologie iterative R.T.C. (Ray Tracing Curvilineo) e algoritmi di ricostruzione tomografica (ad esempio con l'impiego di algoritmi ART *Algebraic Reconstruction Technique*, *SIRT Simultaneous Iterative Reconstruction Technique* o *ILST Iterative Least Square Technique*), il campo delle velocità del sottosuolo ad elevata densità di informazioni: le celle unitarie, di forma rettangolare, potranno avere dimensioni orizzontali (asse x) e verticali (asse z) pari, rispettivamente, a $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni.

32.5.3 Documentazione finale

La documentazione da consegnare sarà quella relativa alla sismica tomografica ed alla sismica a riflessione.

32.6 PROSPEZIONE GEOTOMOGRAFICA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.205 "Impianto cantiere e trasporto attrezzatura per prospezioni sismiche posizionamento apparecchiatura"
- IG.05.208 "Posizionamento attrezzatura su ciascuna base sismica"
- IG.05.215 "Esecuzione di prospezioni sismiche a rifrazione"
- IG.05.220 "Elaborazione tomografica"
- IG.05.240 "Esecuzione di prospezioni sismiche a riflessione"

32.6.1 Descrizione

Nella prospezione sismica geotomografica, eseguita in corrispondenza di una sezione delimitata da due superfici comunque inclinate (costituite ad esempio da due fori di sondaggio oppure dalla superficie topografica e un foro di sondaggio) si utilizza una superficie come superficie di energizzazione e l'altra come superficie di ricezione.

Nel caso in cui ci si trovi di fronte a una prospezione fra due sondaggi in un sondaggio saranno posizionati dei ricevitori e nell'altro verranno effettuate le energizzazioni.

Nel caso invece in cui ci trovi di fronte a una prospezione fra un sondaggio e la superficie topografica saranno posizionati nel sondaggio i ricevitori e sulla superficie topografica verranno effettuate le energizzazioni (eventualmente si possono invertire le posizioni).

32.6.2 Modalità esecutive

Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita almeno dai seguenti componenti:

- sismografo a 24 canali, con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
- sistema di energizzazione per onde di compressione di tipo pneumatico, oleodinamico elettrico o a capsula esplodente (per le energizzazioni in pozzo);
- geofoni di superficie a frequenza propria variabile tra 8 e 100 Hz (per le ricezioni sulla superficie topografica);
- geofoni da pozzo o idrofoni (se in falda), a frequenza propria variabile tra 8 e 14 Hz (per le ricezioni in pozzo);
- sistema di energizzazione per le onde di compressione da superficie che può essere costituito da:
 - martello strumentato lasciato cadere con violenza su una piastra metallica appoggiata al suolo;
 - cannoncino sismico;
 - energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici trainati e/o trasportati.

Modalità esecutive fra due sondaggi

Tali indagini vengono effettuate, solitamente, per la determinazione e la definizione di oggetti sepolti all'interno di un terreno incassante sia il caso di cavità o di fondazioni in jet grouting e/o pali di fondazioni nonché per la definizione di eventuali piani di fratturazione tettonica nello spazio compreso fra le due verticali.

La prospezione sarà tanto più precisa e definita quanto più le superfici di indagine saranno vicine fra loro e la distanza fra i ricevitori/emissioni di energia sarà piccola.

La distanza fra i ricevitori/emissioni di energia dovrà essere maggiore di 0.5 metri e la distanza minima fra i sondaggi non dovrà essere inferiore ai 2 - 3 metri.

Solitamente si utilizzano stringhe di 24 ricevitori in pozzo spazati 0,5 metri e si emettono impulsi di energia nel pozzo adiacente ad intervalli di 0.5 m alle stesse quote dei ricevitori.

Fra sondaggio e superficie topografica

Tali indagini vengono effettuate, solitamente, per la determinazione di cavità o per la definizione di eventuali piani di fratturazione tettonica o superfici di allentamento della scarpata.

Si dovrà inserire nel sondaggio una stringa di 24 ricevitori interspaziati di 0,5 m e si energizzerà lungo la scarpata a distanza di 0.5 metri (in quota).

Sarà altresì possibile posizionare 24 ricevitori lungo la scarpata ed energizzare nel sondaggio per 24 volte alla stessa quota dei ricevitori.

Elaborazione dei dati

L'elaborazione dovrà essere sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropica, la quale dovrà fornire, previa elaborazione con metodologie iterative R.T.C. (Ray Tracing Curvilineo) e algoritmi di ricostruzione tomografica (ad esempio con l'impiego di algoritmi ART - Algebraic Reconstruction Technique, SIRT Simultaneous Iterative Reconstruction Technique o ILST Iterative Least Square Technique), il campo delle velocità del sottosuolo ad elevata densità di informazioni: le celle unitarie, di forma rettangolare, potranno avere dimensioni orizzontali (asse x) e verticali (asse z) pari, rispettivamente, a $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni.

32.6.3 Documentazione finale

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- sismogrammi originali su supporto magnetico;
- mappature in tonalità di colore relative alla sezione tomografica in termini di ray tracing, di densità dei dati e di velocità delle onde di compressione (VP);
- tabelle con i parametri di input e calcolati;
- relazione in cui vengono riportate le metodologie di indagine, gli algoritmi impiegati, le analisi realizzate e le risultanze dell'analisi.

32.7 PROVE PER ONDE SUPERFICIALI ATTIVE (MASW)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.240.g** "Esecuzione di prova sismica MASW"

32.7.1 Descrizione

Il metodo si basa sulla misura delle onde superficiali eseguita con un dispositivo lineare di sensori sismici e con sorgenti artificiali.

32.7.2 Modalità esecutive

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita almeno dai seguenti componenti:

- sismografo digitale a 12 canali (meglio 24), con possibilità di stack delle registrazioni, guadagno del segnale (in ampiezza) e dinamica del convertitore A/D minima a 16 bit;
- per prove relative alla caratterizzazione del sottosuolo, 12 (meglio 24) geofoni verticali (o accelerometri) a frequenza propria uguale o inferiore a 4.5 Hz; per prove non distruttive su pavimentazioni o manufatti è possibile utilizzare sensori a frequenza maggiore;
- sistema di energizzazione costituito da uno dei seguenti dispositivi da scegliersi in funzione della scala delle indagini:
 - mazza battente con eventuale piastra di ripartizione appoggiata al suolo;
 - energizzatori sismici impulsivi oleopneumatici e/o a gravità;
 - fucili sismici;
 - cariche di esplosivo;
 - sorgenti vibranti (vibrochina).

La procedura consiste in tre *step* principali:

- acquisizione dei dati sismici sul terreno;
- elaborazione per la stima delle curve di dispersione sperimentali;
- inversione delle curve di dispersione, volta alla stima dei profili di VS che costituisce il risultato della prova.

Acquisizione

La fase di acquisizione prevede l'utilizzo di una sorgente (impulsiva o controllata) tramite la quale creare una perturbazione sismica che si propaga lungo la superficie libera che viene rilevata da più ricevitori (di norma geofoni verticali a bassa frequenza) posti lungo dispositivi lineari sul piano campagna.

La sorgente dovrà essere posta ad un estremo dello stendimento di misura ed effettuare energizzazioni ai due lati opposti dello stendimento per confrontare i risultati. Si dovranno effettuare almeno 10 ripetizioni dell'energizzazione – con eventuale stacking per ogni punto sorgente).

Si dovranno rispettare i seguenti parametri di acquisizione per come riportati nella seguente tabella.

Tabella 10 – Parametri di acquisizione per prova sismica tipo MASW.

Profondità d'indagine [m]	T [s]	dt [μs]	L [m]	dl [m]
1 (pavimentazione)	0,15	0,125	3	0,1
10	1	0,5	23	1
30	2	1	46	2
100	4	2	200	5 - 10

Dove:

- T = durata dell'acquisizione;
- dt = intervallo di campionamento;
- L = lunghezza dello stendimento di misura;
- dl = distanza intergeofonica.

Elaborazione dei dati

I dati dovranno essere elaborati secondo l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda) e ω -p (frequenza angolare-lentezza) dove i massimi di energia dello spettro sono associabili alle onde di Rayleigh e vengono identificati e trasformati in punti della curva di dispersione.

Inversione

La procedura di inversione dovrà essere condotta con tecniche di ricerca locale (metodi linearizzati) o globale (metodi Monte Carlo) della soluzione.

32.7.3 Documentazione finale

La relazione in cui vengono riportate le metodologie di indagine, gli algoritmi impiegati, le analisi realizzate e i risultati ottenuti dovrà contenere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione possibilmente georeferenziata, data, nominativo dell'operatore, parametri di acquisizione e strumentazione utilizzata);
- sismogrammi originali su supporto magnetico;
- immagini relative alla trasformata bidimensionale del campo d'onda (f-k, ω -p, f-v) con massimi spettrali evidenziati;

- confronto tra la curva stimata e quella sintetica generata a partire dal modello finale di VS;
- confronto tra il profilo di VS di primo tentativo e quello finale del processo di inversione;
- tabelle con i parametri calcolati e parametri assunti a priori (spessore degli strati, VS, rapporto di Poisson o VP e densità).

32.8 PROVE PER ONDE SUPERFICIALI PASSIVE (RE.MI)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.240.h "RE.MI."

32.8.1 Descrizione

Tali misurazioni sono in linea di principio analoghe alle prove per onde di Rayleigh con sorgente attiva. L'unica differenza è costituita dalla procedura di acquisizione e di stima della curva di dispersione sperimentale. Infatti, le misure sismiche passive non richiedono una sorgente artificiale ma sono basate sulla registrazione del rumore ambientale, che consiste in vibrazioni del terreno indotte da attività antropiche (come il traffico, il rumore derivante da macchinari industriali, ecc.), o da fenomeni naturali; tali vibrazioni del terreno prendono il nome di microtremori.

32.8.2 Modalità esecutive

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita almeno dai seguenti componenti:

- sismografo digitale a 12 canali (meglio 24), guadagno del segnale (in ampiezza) e dinamica del convertitore A/D minima a 16 bit, possibilità di registrazione di finestre temporali di alcuni minuti;
- 4 geofoni verticali/triassiali (o accelerometri) a frequenza propria uguale o inferiore a 4.5 Hz (requisito minimo, ma si consiglia l'utilizzo di 12 ricevitori).

Elaborazione dei dati

I dati dovranno essere elaborati secondo l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda) e ω -p (frequenza angolare-lentezza) dove i massimi di energia dello spettro sono associabili alle onde di Rayleigh e vengono identificati e trasformati in punti della curva di dispersione.

Inversione

La procedura di inversione dovrà essere condotta con tecniche di ricerca locale (metodi linearizzati) o globale (metodi Monte Carlo) della soluzione.

32.8.3 Documentazione finale

La relazione in cui vengono riportate le metodologie di indagine, gli algoritmi impiegati, le analisi realizzate e i risultati ottenuti dovrà contenere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione possibilmente georeferenziata, data, nominativo dell'operatore, parametri di acquisizione e strumentazione utilizzata);
- sismogrammi originali su supporto magnetico;
- in caso di array di misura bidimensionali, immagini dello spettro tridimensionale ($f-k_xk_y$) con evidenziati i massimi spettrali;
- in caso di prove RE.MI., immagini dello spettro bidimensionale ($f-k, w-p, f-v$) con evidenziati i punti individuati per la stima della curva di dispersione e considerazioni sull'attendibilità della prova (confronto con dati attivi);
- confronto tra la curva stimata e quella sintetica generata a partire dal modello finale di VS;
- confronto tra il profilo di VS di primo tentativo e quello finale del processo di inversione;
- tabelle con i parametri calcolati e parametri assunti a priori (spessore degli strati, VS, rapporto di Poisson o VP e densità).

32.9 INDAGINI DI SISMICA PASSIVA (HVSr)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.240.I** "Passiva HVSr"

32.9.1 Descrizione

Questa tecnica si basa essenzialmente sul rapporto spettrale H/V di rumore ambientale (seismic noise) e permette di valutare gli effetti locali di sito.

La tecnica proposta da Nakamura assume che i microtremori (il cosiddetto rumore di fondo registrabile in qualunque momento posizionando un sensore sismico sul terreno) consistano principalmente di un tipo di onde superficiali, le onde di Rayleigh, che si propagano in un singolo strato sovrastante su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito.

32.9.2 Modalità esecutive

La strumentazione di acquisizione presenta le seguenti specifiche:

- trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza (< 1-2 Hz);
- amplificatori;

- digitalizzatore;
- frequenza di campionamento: > 50 Hz;
- convertitore A/D (analogico digitale) a 24 bit;
- durata registrazione: >15 minuti;
- collegamento al tempo GPS per la referenziazione temporale.

Lo strumento di misura dovrà essere orientato secondo le direzioni geografiche (E ed W) e dovrà essere dotato di bolla sferica per il posizionamento mentre l'accoppiamento con la superficie dovrà essere diretto o assicurato con piedini o puntazze in terreni morbidi.

Bisognerà altresì fare attenzione alla presenza di radici, sottoservizi, vicinanza edifici, vento ecc., in quanto creano disturbo nel segnale H/V inducendo una forte perturbazione a bassa frequenza.

Per uno studio di risposta di sito si dovranno effettuare almeno tre misure ognuna di almeno 15 20 minuti per punto, possibilmente in tempi diversi durante la giornata, da cui derivare il valore di frequenza di risonanza.

Per l'elaborazione dei dati si dovrà impiegare un software in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (*Site EffectS assessment using Ambient Excitations*, 2005).

I principali passi del processing dovranno essere i seguenti:

- FFT (incluso il tapering);
- operatore di smoothing (Konno & Ohmachi);
- merging dei componenti orizzontali;
- H/V Spectral Ratio per ogni finestra utilizzata (>10);
- media degli spettri H/V;
- valutazione della deviazione standard.

Le risultanze dell'elaborazione dovranno essere presentate mediante graficazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di f_0 – Frequenza/e di risonanza e la sua deviazione standard.

32.9.3 Documentazione finale

La documentazione dovrà contenere:

- i criteri di attendibilità della misura;
- i criteri di validità del picco di f_0 ;

- i valori di soglia delle condizioni di stabilità;
- l'analisi dei criteri in particolare con verifica rispetto alla frequenza del sensore ed alla presenza di rumore di origine industriale;
- l'interpretazione di f_0 e dello spettro H/V nei termini di caratteristiche del sito;
- valutazione dell'omogeneità del sito rispetto alle frequenze di risonanza;
- spessori della coltre di copertura.

33 PROSPEZIONI ELETTRICHE

Le attività riguardanti le prospezioni elettriche sono suddivise nelle sottoelencate categorie:

- Prospezioni geoelettriche;
- Tomografia elettrica.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie delle postazioni, che dovranno mettere in evidenza l'ubicazione l'apparato per le indagini.

33.1 PROSPEZIONI GEOELETTRICHE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.245** "Impianto cantiere e trasporto attrezzatura per prospezioni geoelettriche ed elettromagnetiche"
- **IG.05.250** "Esecuzione sondaggi elettrici verticali (S.E.V.)"
- **IG.05.255** "Profilo di resistività (S.E.O.)"

33.1.1 Descrizione

La prospezione geoelettrica impiega diversi metodi di esplorazione finalizzati alla ricostruzione indiretta del profilo litostratigrafico ed alla individuazione di strutture sepolte in base alle diverse caratteristiche di resistività elettrica del terreno.

33.1.2 Modalità esecutive

I metodi di esplorazione, a seconda della disposizione elettrodica, saranno i seguenti:

- Sondaggi Elettrici Verticali SEV;
- Stendimenti dipolo-polari continui;
- Profili di resistività.

L'attrezzatura comprenderà:

- georesistivimetro digitale con possibilità di blocco lettura, con millivoltmetro digitale (sensibilità massima 0.01 mV) e circuito di azzeramento dei potenziali spontanei e con milliamperometro digitale (sensibilità massima 0.01 mA);
- georesistivimetro con millivoltmetro (sensibilità massima 1 mV f.s.) e circuito di azzeramento dei potenziali spontanei, milliamperometro con scala 1 mA-3 A (precisione 0.1mA f.s.), milliamperometro indipendente con scala 1 mA - 2 A; lo strumento deve poter lavorare con corrente continua e alternata di bassa frequenza;
- generatore di potenza sufficiente all'indagine;
- batteria di energizzazione con pile a secco e/o ricaricabile;
- cavi elettrici ad alto isolamento montati su rulli spalleggiabili;
- elettrodi di corrente in acciaio;
- elettrodi di tensione impolarizzabili, in rame o ceramica;
- apparecchi di ricetrasmisione;
- cavi di collegamento ed accessori.

Per l'esecuzione dei Sondaggi Elettrici Verticali si utilizzeranno 4 elettrodi allineati (MN di tensione, AB di corrente), simmetricamente disposti rispetto ad un centro. Nella configurazione di Schlumberger si fissano gli elettrodi MN e partendo da un AB pari a 4 MN si distanziano successivamente gli elettrodi AB, fino a raggiungere una lunghezza pari a $20 \div 40$ MN. Le due ultime misure di ogni serie verranno ripetute con MN allargato per la serie successiva, e così via per ogni serie, mantenendo sempre fisso il centro dei dispositivi di misura. Si manterranno invece distanze fisse tra AM, MN e NB nel caso di utilizzo della configurazione di prova Wenner. Le esatte modalità di configurazione in fase di prova saranno comunicate alla Direzione Lavori.

In caso di acqua di falda affiorante o subaffiorante, se ne preleveranno alcuni campioni per la definizione in sito della conducibilità. Prima di ogni misura dovrà inoltre essere verificato il valore della resistenza di contatto con il terreno per gli elettrodi AB; si verificherà anche l'eventuale dispersione dei cavi, misurata applicando tensione agli stessi a circuito aperto.

Il valore della differenza di potenziale tra gli elettrodi MN prima della prova dovrà essere verificato ed essere pari a zero.

Per gli stendimenti dipolo - polari continui, si dovranno utilizzare 4 elettrodi, denominati MN ed AB; gli elettrodi di tensione MN saranno mantenuti fissi, quelli di corrente AB verranno allontanati con uguale direzione e verso ma mantenuti alla stessa distanza reciproca. Le esatte procedure di prova saranno comunicate alla D.L..

Per i profili di resistività, si dovranno utilizzare 4 elettrodi disposti secondo lo schema di un quadripolo AMNB costante, progressivamente spostato lungo un allineamento predefinito per la determinazione delle variazioni laterali delle caratteristiche elettriche dei terreni.

L'esatta configurazione del quadripolo (secondo il dispositivo Wenner o Schlumberger) sarà funzione della profondità che dovrà essere esplorata e sarà comunicata alla Direzione Lavori, insieme alla frequenza con cui eseguire le misure.

33.1.3 Documentazione finale

La documentazione comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- cartografia di base scala 1:2.000 (o come concordato) con ubicazione delle prove eseguite e dei centri di misura, con indicazione degli azimuth e della quota dei centri di misura;
- tabulazione dei valori di resistività apparente misurati;
- curve di resistività apparente in grafici bilogarithmici;
- copia di tutti i dati raccolti in campagna, dai libretti originali di documentazione;
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative, dei metodi di interpretazione e comprensiva della definizione della resistività elettrica alle diverse profondità e delle unità elettrostratigrafiche evidenziate.

33.2 TOMOGRAFIA ELETTRICA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.245** "Impianto cantiere e trasporto attrezzatura per prospezioni geoelettriche ed elettromagnetiche"
- **IG.05.260** "Tomografia elettrica 2D"

33.2.1 Descrizione

La tomografia elettrica consiste nella caratterizzazione geoelettrica e dimensionale, con elevato dettaglio, delle strutture presenti lungo sezioni bidimensionali.

33.2.2 Modalità esecutive

L'attrezzatura d'acquisizione dati dovrà essere costituita da:

- georesistivimetro digitale in grado di eseguire, via software, le seguenti operazioni principali:
 - misura e memorizzazione della resistenza di contatto degli elettrodi;

- misura, memorizzazione e azzeramento dei potenziali spontanei;
 - esecuzione di ripetuti cicli di misura e calcolo della “deviazione standard”;
 - possibilità di impostare cicli di misura di durata diversa;
 - risoluzione delle misure di 30 nV;
 - memorizzazione delle misure costituite ognuna dai valori di: resistività, dV, I, deviazione standard e geometria elettrodi;
- unità di controllo e gestione degli elettrodi (fino a 254);
 - cavo multicanale dotato di elettrodi definiti “intelligenti” (smart electrodes) in quanto dotati di una elettronica interna che ne consente l'utilizzo sia come elettrodi di corrente che di potenziale, oppure cavo multicanale con elettrodi comuni in acciaio inox, rame o ottone per gli strumenti con elettronica totalmente interna alla macchina.

La potenza immessa dal trasmettitore dovrà essere commisurata alla profondità massima da raggiungere; a titolo di esempio si riportano di seguito alcune indicazioni di massima:

- fino a 200 m => 18 W min, 0.5 mA min, ± 200 V min;
- per stendimenti di lunghezza > di 200m => 100 W min, 1 mA min, ± 400 V min.

In ogni caso di norma l'errore tra gli stacks impostati (min 3) non dovrà superare l'1%.

Infine la strumentazione dovrà consentire l'impostazione di almeno 4 finestre temporali per la misura della caricabilità (PI).

La tomografia elettrica deve essere eseguita con una configurazione elettrodica adeguata agli scopi del lavoro con dispositivi Wenner, dipolo-dipolo, Schlumberger, o altro.

In ambito urbano o aperta campagna di norma i dispositivi Wenner e Wenner-Schlumberger sono più adatti ad evidenziare variazioni verticali, mentre il dispositivo dipolo-dipolo è più adatto ad evidenziare variazioni laterali ma presenta un rapporto segnale/rumore più sfavorevole, il dispositivo polo-dipolo presenta un rapporto segnale/rumore migliore e consente inoltre di scendere più in profondità, il dispositivo del gradiente multiplo risulta un buon compromesso tra capacità risolutiva sia in senso laterale che verticale e rapporto segnale /rumore comparabile ai dispositivi Wenner e Schlumberger.

Le resistenze di contatto agli elettrodi dovranno essere verificate prima di iniziare le misure e mantenute tra loro omogenee e più basse possibili.

Si dovranno utilizzare stendimenti base composti da min. 32 elettrodi equispaziati regolarmente lungo il profilo da indagare, con passo che potrà essere compreso tra 0,5 e 40 metri in funzione del dettaglio e della profondità dell'indagine.

Le dimensioni degli elettrodi dovranno variare in funzione delle distanze interelettrodiche in maniera tale da ricadere sempre nella condizione di sorgente puntiforme in relazione all'estensione dello stendimento.

La profondità di indagine prevista sarà calcolata considerando un rapporto di circa 5 a 1 tra lunghezza stendimento e profondità.

Il ricoprimento tra due basi contigue verrà acquisito secondo la modalità del "roll along", ripetuta secondo passo regolare con spostamenti successivi di una porzione (1/3 o 1/4) dello stendimento iniziale.

Ove non sia disponibile adeguata cartografia di base (scala 1:1.000 o 1:2.000), la posizione degli elettrodi dovrà essere oggetto di adeguato rilievo planoaltimetrico.

L'elaborazione dei dati procederà secondo due fasi successive:

- ricostruzione di "pseudosezioni" di resistività / caricabilità, previo filtraggio / pulizia tramite l'utilizzo di software di "contouring";
- calcolo dei valori di resistività reale tramite inversione bidimensionale e sviluppo di un adeguato modello di distribuzione della resistività del sottosuolo mediante software di inversione ad elementi finiti e/o distinti, che dovrà essere in grado di applicare l'eventuale correzione topografica.

33.2.3 Documentazione finale

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- planimetrie in scala 1:2.000, 1:5.000 con ubicazione di tutte le stazioni e stese elettriche;
- listati di: voltaggio, corrente, deviazione standard e resistività apparente, per ogni singola misura;
- pseudosezioni di resistività per ogni base unitaria;
- copia dei rapporti giornalieri delle operazioni di campagna;
- risultati dell'inversione e modellizzazione dei dati unitamente al completo data base utilizzato per la valutazione geoelettrica e il calcolo della distribuzione della resistività;
- copia di tutti i dati di campagna e di elaborazione su CD per PC Windows;
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative e dei metodi di interpretazione.

34 PROSPEZIONI ELETTROMAGNETICHE

Le attività riguardanti le prospezioni elettromagnetiche si riferiscono specificatamente alle prospezioni con georadar.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie dell'attrezzatura e dell'apparato di prova.

34.1 PROSPEZIONI CON GEORADAR

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.265** "Esecuzione di rilievo elettromagnetico con metodo georadar in galleria "

34.1.1 Descrizione

Consiste nell'analisi delle riflessioni di onde elettromagnetiche trasmesse nel terreno tramite il georadar, noto anche come GPR (*ground penetrating radar*).

34.1.2 Modalità esecutive

L'attrezzatura d'acquisizione dati dovrà essere costituita da:

- Unità di controllo georadar;
- Antenna Trasmittente/Ricevente, con frequenza compresa fra 30 e 3000 MHz in funzione della profondità di investigazione e del dettaglio voluti;
- Ciascuna antenna deve contenere un sistema di marcatura lungo la traccia in modo manuale o tramite encoder a rotella o GPS;
- Notebook con sistema operativo Windows 98/2000/Me/XP;
- Ethernet card 10/100 BaseT;
- Batteria con voltaggio pari ad almeno 12 V;
- Set di cavi di collegamento antenna-unità di controllo di lunghezza variabile a seconda del tipo di indagine da effettuare.

Prima di iniziare la prova si dovrà settare lo strumento e calibrare il segnale elettromagnetico, in modo tale che quest'ultimo possa essere sufficientemente amplificato per la profondità che vogliamo raggiungere e per le eventuali stratificazioni presenti nel terreno da indagare.

Per la calibrazione del segnale si dovrà scegliere una zona il più possibile libera da anomalie di permittività.

In presenza di disturbi elettromagnetici causati da sorgenti esterne note, si dovrà filtrare preliminarmente il segnale, con filtri tipo:

- filtro passa-basso (circuiti che fa passare in uscita solo le frequenze più basse di un'altra prefissata, scelta a piacere, che viene detta frequenza di taglio);

- filtro passa-alto (circuito che fa passare in uscita solo le frequenze più alte della frequenza di taglio);
- filtro passa-banda (dispositivo passivo che permette il passaggio di frequenze all'interno di un dato intervallo, la cosiddetta banda passante, ed attenua le frequenze al di fuori di esso).

Requisiti minimi per le funzioni di calibrazione del georadar:

- Range (ns): fondoscala variabile in funzione dell'antenna utilizzata;
- Samples: numero di campioni in una traccia;
- Antenna Trasmittente/Ricevente – combinata o separata;
- Guadagno del segnale: poiché il segnale che penetra nel terreno si attenua con la profondità, il guadagno dell'amplificazione del segnale deve aumentare con la profondità stessa. Quindi alla fine della traccia il guadagno di segnale deve essere maggiore di quello iniziale. Il numero di punti per la calibrazione del guadagno deve essere superiore a 5;
- Filtro;
- Stacking: contribuisce alla diminuzione del rumore e di interferenze e all'aumentare del range di profondità. Se lo stacking aumenta, si deve diminuire la velocità con cui si trascina l'antenna per avere una perdita minore di informazione;
- Scan rate: tracce per secondo. Deve essere impostabile il valore;
- Sounding mode – Continuo o a gradino;
- Pulse delay: è un'opzione usata per immettere un segnale entro il range di tempo di risonanza. L'aggiustamento del segnale può venir eseguito sia automaticamente sia manualmente;
- Mode – Sounding/Test: la prima opzione è il modo di ricezione del segnale; la seconda opzione è usata per testare l'unità di controllo per operatività senza antenne connesse;
- Encoder.

Requisiti minimi per le funzioni di elaborazione dati:

- Point info: mostra i valori dei parametri Traccia, Posizione, Campione, Tempo di ritardo, Profondità, Ampiezza del punto specifico nel profilo, in considerazione della sua posizione tramite GPS;
- Hyperbola: determina la profondità di fatto del target locale e la permittività del mezzo;
- Average Spectrum: calcolo di un modulo medio di uno spettro di segnale nell'area selezionata;
- Topografia: è una procedura usata per ristrutturare un profilo come una funzione di rilevamento della localizzazione del suono. Si immettono parametri nei punti di mark che dovranno essere espressi in metri per le quote;

- Reverse: permette di rovesciare una traccia, trasponendo il punto di inizio e di fine;
- Background removal: in alcuni casi, un segnale mostra un “background” che si traduce in un profilo nella presenza di linee orizzontali che non variano la loro intensità e la loro posizione tempo e che possono portare a mascherare i veri segnali riflessi;
- Horizontal L-P filter: è un filtro passa basso che opera lungo il profilo nella direzione di movimento dell'antenna. Serve per sopprimere segnali veloci e variabili ma mette in evidenza quelli lenti;
- Horizontal H-P filter: è un filtro passa alto che opera lungo il profilo nella direzione di movimento dell'antenna. Serve per mettere in evidenza segnali che variano rapidamente;
- Filtro passabanda: agisce lungo una traccia e sopprime le interferenze a bassa frequenza e i componenti ad alta frequenza di un segnale;
- Filtro Notch: è usato per eliminare le interferenze a banda ristretta rispetto background di segnale ad ampia banda;
- Controllo automatico del guadagno: è usato per livellare tutti i segnali in una traccia;
- Conversione tempi profondità: dovrebbe essere usata per convertire il profilo tempo iniziale in profilo profondità;
- Flattering: è utilizzato per modificare il profilo iniziale in un profilo con un'interfaccia piatto orizzontale.

34.1.3 Documentazione finale

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- rilievo topografico della superficie indagata e degli estremi delle strisciate eseguite;
- planimetria in scala adeguata con ubicazione delle strisciate eseguite;
- radargramma di campagna, elaborato a diverse intensità cromatiche, con le distanze (m) in ascisse e i tempi di ascolto (ns) in ordinate;
- radargramma filtrato e interpretazione in funzione delle costanti dielettriche dei mezzi attraversati, con le distanze (m) in ascisse e le profondità (m) in ordinate;
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative, dei metodi di interpretazione e dei risultati dell'indagine.

35 PROSPEZIONI GRAVIMETRICHE

Le attività riguardanti le prospezioni gravimetriche riguardano specificatamente le prospezioni gravimetriche e microgravimetriche.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie dell'attrezzatura e dell'apparato di prova.

35.1 PROSPEZIONI GRAVIMETRICHE/MICROGRAVIMETRICHE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.262** "Prospezioni gravimetriche "

35.1.1 Descrizione

La prospezione gravimetrica ha lo scopo di rilevare, in un'area delimitata, le anomalie del campo gravitazionale terrestre causate dalle variazioni di densità dei corpi prossimi alla superficie terrestre.

Consiste nell'esecuzione di profili gravimetrici tramite l'acquisizione di stazioni intervallate in modo regolare lungo il profilo ed esternamente allo stesso finalizzate alla definizione di unità geologiche caratterizzate da un contrasto di densità.

Le stazioni dovranno essere eseguite a maglia regolare, con distanze dipendenti dalla profondità che si dovrà raggiungere. Per uno studio geologico generale, la maglia sarà costituita da stazioni ogni 50 metri lungo il profilo ed a intervalli ogni 100 metri ai lati del profilo stesso (per un profilo di 10 km si prevedono 220 stazioni sul profilo e 100+100 stazioni esterne al profilo stesso).

35.1.2 Modalità esecutive

Apparecchiature

- Gravimetro tipo Lacoste&Romberg mod. 4 e/o similari;
- Strumenti topografici quali GPS differenziali e/o stazioni distanziometriche con gradiometro.

Rilievo topografico

Per ogni singola stazione la chiusura altimetrica sarà di +/- 0.15 metri.

La pendenza media per un raggio di centro metri sarà acquisita con sistema distanziometrico senza riflettore per cerchi concentrici.

Rilievo gravimetrico

I poligoni di base, collegati alla rete nazionale avranno un errore di chiusura non superiore a 0,015 (N milligal).

Le stazioni di dettaglio avranno un errore di chiusura non superiore a 0,03 (N milligal). Per ogni stesura sarà applicata la correzione lunisolare e della deriva strumentale.

35.1.3 Documentazione finale

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- rilievo topografico della superficie indagata e degli estremi dei profili eseguiti;
- planimetria in scala adeguata con ubicazione dei profili eseguiti;
- le acquisizioni di campagna per ciascuna stazione e per ciascun profilo;
- mappa delle anomalie gravimetriche e delle anomalie residue ottenuta dall'elaborazione delle acquisizioni di campagna;
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative, dei metodi di interpretazione e dei risultati dell'indagine.

36 ALTRE TIPOLOGIE DI PROSPEZIONI

Le attività sono suddivise nelle sottoelencate categorie:

- Rilievo ultrasonico con sonda borehole televiewer (BHTV);
- indagini videoendoscopiche.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie dell'attrezzatura e dell'apparato di prova.

36.1 RILIEVO ULTRASONICO CON SONDA BOREHOLE TELEVIEWER (BHTV)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.268** "Rilievo ultrasonico con sonda borehole televiewer (BHTV)"
- **IG.05.268.3** "Esecuzione del rilievo in fori verticali"
- **IG.05.268.4** "Sovrapprezzo per esecuzione del rilievo in fori inclinati"
- **IG.05.268.5** "Sovrapprezzo per esecuzione del rilievo in fori orizzontali"
- **IG.05.268.6** "Analisi geostrutturale delle immagini"

36.1.1 Descrizione

Esecuzione di rilievo geomeccanico mediante la misura dei parametri giacitureali (immersione ed inclinazione) delle discontinuità intercettate da un foro di sondaggio, eseguita mediante l'impiego di una sonda

cilindrica (BHTV) in grado di ruotare di 360° su se stessa, dotata di emettitore di un segnale ultrasonico, dalla cui misura dei tempi di percorrenza – nota l'ampiezza dell'impulso – viene ricavata un'immagine acustica del foro, orientabile grazie all'unità magnetometrica e servoaccelerometrica implementata nella sonda.

36.1.2 Modalità esecutive

Al termine della perforazione viene inserita la strumentazione all'interno del foro di sondaggio per il rilievo dei tratti di interesse.

La profondità alla quale dare inizio all'acquisizione viene raggiunta tramite il sistema costituito dal verricello, i cavi e i centralizzatori di cui è dotata la sonda, e grazie all'ausilio del motore per il recupero dell'attrezzatura e il controllo della velocità di risalita.

La sonda dovrà avere diametro esterno di circa 45 mm, dovrà essere dotata di unità di emissione e acquisizione ultrasonica di frequenza almeno pari a 500Hz, garantire un numero di giri/secondo compresi tra 7 e 12, e consentire almeno 128 acquisizioni per giro. Essa dovrà inoltre essere equipaggiata con un'unità per il controllo dell'orientazione e dell'inclinazione del foro.

Le informazioni acquisite, registrate in remoto, saranno riprodotte su uno schermo per la visualizzazione in tempo reale del rilievo.

L'acquisizione dovrà essere eseguita in tratti di foro non rivestiti, ed anche in presenza di fluidi più o meno torbidi all'interno della perforazione.

L'acquisizione dovrà essere eseguita in risalita a velocità costante, inferiore a 2 m/min, così da garantire una corretta e completa scansione del foro.

L'acquisizione deve poter essere eseguita in fori sia verticali, che variamente inclinati, fino ad orizzontali.

Il rilievo è da ritenersi completo ed eseguito a regola d'arte con la restituzione dei report di acquisizione e delle elaborazioni grafiche e statistiche che permettono di ricostruire il quadro fessurativo del foro, nonché la giacitura delle discontinuità e famiglie di discontinuità intercettate dalla perforazione.

36.1.3 Documentazione finale

La documentazione, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, sondaggio, nominativo dell'operatore);
- informazioni generali sul sondaggio: diametro nominale del foro, profondità, tratti investigati, ecc.;
- informazioni generali dell'apparato di acquisizione, ovvero: caratteristiche tecniche della sonda utilizzata, frequenza del segnale, velocità di rotazione, frequenza di scansione, velocità di risalita;

- diagramma a colori profondità/tempo di percorrenza sviluppato a 360° con indicazione dell'orientazione;
- diagramma a colori profondità/ampiezza sviluppato a 360° con indicazione dell'orientazione;
- giacitura (immersione ed inclinazione) per ciascuna delle discontinuità intercettate suddivise per tipologia (stratificazione, scistosità, fratture, faglie, ecc.), diagrammate in funzione della profondità;
- diagramma della densità di fratturazione, espressa come numero di fratture per metro di foro rilevato;
- proiezioni stereografiche (ovvero proiezioni ciclografiche, ovvero diagrammi equiareali di Schmidt) per il plottaggio dei poli, delle aree di isodensità dei poli e delle tracce ciclografiche delle discontinuità intercettate, nonché per ciascuna delle famiglie riconosciute all'interno del foro rilevato, o per ciascuno dei tratti di foro investigato;
- tabella riassuntiva dei parametri giacaturali delle discontinuità rilevate, nonché i dati medi per ciascuna delle famiglie di discontinuità individuate;
- diagramma della deformazione del foro definito per tratti omogenei di sondaggio, consistenti in rappresentazioni orientate della forma assunta dal foro rispetto al piano orizzontale;
- report contenente le risultanze del rilievo.

36.2 INDAGINI VIDEOENDOSCOPICHE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.130** "Approntamento di attrezzatura per indagini videoendoscopiche"
- **IG.05.135** "Installazione di attrezzature per indagini videoendoscopiche"
- **IG.05.140** "Esecuzione di indagine videoendoscopica"

36.2.1 Descrizione

Ispezione di fori di sondaggio di qualsiasi lunghezza, sia verticali, che suborizzontali, che variamente inclinati, mediante l'impiego di telecamera a colori ad alta definizione. L'indagine permette di appurare le condizioni del foro (profondità dei rivestimenti, cementazione, ubicazione e condizione dei filtri dei tratti filtranti, ecc.), che di visionare le caratteristiche litologiche, stratigrafiche, strutturali delle rocce attraversate dalla terebrazione, la presenza di vuoti o cavità sotterranee, ecc..

36.2.2 Modalità esecutive

L'attrezzatura impiegata deve soddisfare i seguenti requisiti:

- telecamera impermeabile ad alta risoluzione con sensore CCD/CMOS a colori, messa a fuoco regolabile, sorgente luminosa incorporata;
- obiettivo con visione frontale ed eventualmente laterale;
- sistema per la determinazione dell'orientazione e della profondità della sonda;
- unità di controllo con monitor a colori;
- sistema di registrazione del video (hard-disk, DVD recorder, ecc.) connesso all'unità di controllo;
- avvolgicavo e cavi di collegamento dotati di dispositivo per il controllo della profondità;
- astine di spinta in fibra di vetro o materiale analogo.

Per la perfetta riuscita e l'esecuzione a regola d'arte della videoispezione è necessario che:

- Il foro sia privo di ostruzioni e che venga garantita la stabilità delle pareti del medesimo durante l'esecuzione dell'indagine;
- Il foro sia asciutto. Laddove sia presente acqua all'interno della perforazione questa deve essere limpida, ovvero lasciata decantare per almeno tre ore;
- Per il rilievo dei caratteri geologici, litologici, stratigrafici, strutturali, ecc., che le tratte da indagare siano prove di rivestimento;
- Durante la registrazione, tramite il monitor di visualizzazione da remoto delle immagini video, sia possibile inserire in tempo reale annotazioni sulle evidenze riscontrate mediante l'impiego di una tastiera per la videoscrittura, oppure la registrazione di commenti verbali;
- La velocità di con la quale la telecamera viene calata nel foro sia tale da permettere la visione in presa diretta dei caratteri salienti. Deve altresì essere garantita la possibilità di interrompere la discesa per meglio osservare punti ritenuti di particolare interesse;
- Le immagini devono essere trasmesse in tempo reale su un monitor a colori;
- Le riprese vengano registrate su apposito supporto digitale, in un formato che renda possibile la riproduzione da concordare con la committenza.

36.2.3 Documentazione finale

La documentazione, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, sondaggio, nominativo dell'operatore, diametro nominale del foro, profondità, tratti investigati, ecc.);
- informazioni generali dell'apparato di acquisizione;
- planimetria ubicativa dei sondaggi interessati dalla videoispezione;

- report dell'indagine contenente le informazioni generali di cui ai punti precedenti, la descrizione delle attrezzature utilizzate, illustrazione delle risultanze della videoispezione;
- file video in formato riproducibile (Avi, MPeg, ecc.), su idoneo supporto digitale (hard-disk, pen-drive, CD-DVD, ecc.);
- documentazione fotografica relativa.

PARTE QUINTA – PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

37 PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI

Le prove di laboratorio dovranno essere eseguite da Laboratori accreditati ed inseriti nell'elenco depositato presso il C.S. LL.PP. alle categorie A (prove su terre) e B (prove su rocce).

Il Direttore del Laboratorio (Geologo o Ingegnere specializzato nelle discipline geotecniche, iscritti all'Albo Professionale) assumerà nei confronti di ANAS la completa responsabilità sull'andamento delle prove e firmerà i relativi certificati.

Sarà suo onere e cura assicurarsi preventivamente, e tempestivamente, dell'idoneità e della qualità dei campioni pervenuti in laboratorio, comunicando immediatamente all'ANAS eventuali carenze o anomalie.

All'atto della consegna si verificheranno, quindi, le condizioni di sigillatura dei campioni stessi e, se necessario, si prenderanno eventualmente gli opportuni provvedimenti per ripristinarle (nel caso si prenderà nota delle operazioni effettuate).

All'atto della comunicazione, da parte del laboratorio affidatario, dell'elenco dei campioni pervenuti in laboratorio, completo di quota di prelievo e descrizione della litologia di riferimento, l'ANAS fornirà una tabella in cui verranno specificate le determinazioni da effettuare su ogni singolo campione.

Il laboratorio dovrà rispettare rigorosamente il programma di prove comunicato dall'ANAS, segnalando l'eventuale impossibilità di esecuzione di alcune prove determinata dallo stato o dalla quantità del campione disponibile.

Le analisi di laboratorio geotecnico dovranno seguire il seguente iter:

- a) ricevimento ed immagazzinamento campioni: identificazione dei campioni, facendo riscontro alle distinte o alle stratigrafie di accompagnamento;
- b) apertura e descrizione campioni;
- c) esecuzione dell'attività di laboratorio: l'identificazione derivante dalle fasi a) e b) dovrà seguire il materiale durante l'esecuzione dell'attività di laboratorio;
- d) elaborazione e documentazione: l'identificazione del campione dovrà essere riportata nel corso dei procedimenti di elaborazione e dovrà comparire nei Certificati Ufficiali dei risultati dell'attività svolta.

In generale, un campione potrà essere identificato dai seguenti dati:

- denominazione del Committente e del cantiere;
- denominazione della località di prelievo;

- denominazione del prelievo (sondaggio, pozzetto esplorativo, altro);
- data del prelievo;
- denominazione del campione;
- profondità di prelievo.

Dovrà essere redatto un Rapporto Tecnico Conclusivo, nel quale verranno descritte le metodologie di prova applicate, i riferimenti alle norme e alle procedure adottate per la conduzione delle stesse. Il suddetto rapporto dovrà inoltre contenere tre diverse tabelle riepilogative nelle quali, per ogni campione giunto in laboratorio si dovranno indicare:

- le prove richieste da ANAS;
- le prove effettuate;
- i risultati delle prove geotecniche effettuate.

I certificati delle prove effettuate dovranno quindi essere firmati dal Direttore del Laboratorio ed allegati a tale rapporto.

38 PROVE SU CAMPIONI DI TERRA

I campioni, e specificamente quelli indisturbati o a limitato disturbo, verranno conservati in modo da preservarne le caratteristiche originarie.

In generale i campioni verranno alloggiati in ambienti a temperatura moderata e ad umidità elevata, con l'eventuale eccezione per quelli rimaneggiati.

E' raccomandato che i campioni siano depositati in un locale con temperatura media dell'ordine di 17÷23°C e con umidità possibilmente non inferiore all'80% o, meglio ancora, in un locale attrezzato a "camera umida".

Lo scopo della climatizzazione è quello di prevenire variazioni di umidità o destrutturazioni del campione dovuti a variazioni di temperatura cruciali ad es. in caso di congelamento (o scongelamento) accidentale.

L'umidità e la temperatura da applicarsi per la conservazione dovrebbero, appunto, mantenere inalterate le condizioni al prelievo. La raccomandazione, in generale corretta, di conservazione in ambiente con umidità > dell'80% può essere deleteria in presenza di campioni (se non perfettamente sigillati) di terreni rigonfianti.

Gli inconvenienti che si dovranno prevenire sono principalmente quelli qui di seguito sintetizzati:

- significative variazioni del contenuto d'acqua (umidità) che macroscopicamente possono essere denunciate da essiccamento o rammollimento del terreno;

- modificazioni della struttura del terreno, quali il detensionamento di terreni sovraconsolidati ("firm" or "stiff" clays).
- alterazione della composizione granulometrica del terreno o delle parti di terreno distinguibili.

Di conseguenza è opportuno che l'ambiente in cui vengono effettuate le operazioni di apertura, descrizione, selezione dei materiali e confezione dei provini sia a temperatura moderata, protetto da una forte insolazione e non eccessivamente secco.

Fra l'estrazione del campione e l'inizio delle determinazioni o delle prove programmate, l'intervallo di tempo dovrà essere ridotto al minimo; nel caso in cui il materiale debba necessariamente attendere per essere sottoposto a prova, dovrà essere protetto, o sigillato, ed eventualmente riposto ancora in camera umida.

La selezione delle porzioni di campione e la confezione dei provini dovranno essere eseguite con la massima cautela, in modo da minimizzare il disturbo del terreno.

Infine, anche e specialmente nelle fasi di montaggio delle prove e di avviamento delle prove stesse, si raccomanda di mantenere il terreno nel suo stato originario, segnalando o evidenziando le eventuali variazioni di condizioni dovute alle procedure o alle metodologie adottate, ed evitando ogni tipo di modificazioni incontrollate.

38.1 APERTURA ED ESTRAZIONE DEL CAMPIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.111** "Apertura ed estrazione del campione"

38.1.1 Descrizione

Apertura e descrizione di campioni indisturbati o a limitato disturbo, alloggiati in fustelle cilindriche (campionatori).

38.1.2 Modalità esecutive

Estrazione con minimizzazione del disturbo (è raccomandato l'impiego di un estrusore idraulico, se necessaria una notevole spinta) di un campione di terreno alloggiato in fustella cilindrica; scotatura e ripulitura delle estremità del campione (se opportuna); eventuale valutazione della consistenza del materiale mediante *pocket penetrometer* e/o *torvane*.

Normativa di riferimento:

- ASTM D2488 - Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedures).

38.2 DESCRIZIONE DEI CAMPIONI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.112** “Descrizione dei campioni”

38.2.1 Descrizione

All'atto dell'apertura o dell'estrazione dei campioni, indisturbati o rimaneggiati, si procederà alla descrizione preliminare dei terreni rappresentati. Dovranno essere indicate le seguenti informazioni generali: Committente, cantiere, località, impresa sondaggi, quadro di insieme di tutte le prove condotte sul campione, denominazione sondaggio con relativa profondità e data di perforazione, denominazione del campione con relativa profondità e data di prelievo, modalità di perforazione, modalità di campionamento e qualità del campione, diametro e lunghezza del campione, identificazione visiva con indicazione di colore campione, struttura, consistenza e denominazione. Dovrà essere riportata una fotografia a colori del campione, con scala metrica e cromatica di riferimento.

38.2.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 14688-1 -Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 1: Identificazione e descrizione;
- UNI EN 14688-2 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 2: Principi per una classificazione;
- UNI EN 14689 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione, descrizione e classificazione delle rocce;
- ASTM D2487 - Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System);
- ASTM D2488- Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedures);
- ASTM D3282 - Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes.

38.3 ANALISI GRANULOMETRICA MEDIANTE SETACCI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.001.a** “Analisi granulometrica mediante setacci”

38.3.1 Descrizione

Determinazione della composizione granulometrica della frazione di terreno trattenuta al vaglio ASTM 200 (0,075 mm di maglia), eseguita per vagliatura, con trattamento per via umida in fase preliminare o in fase operativa. L'attività comprende anche la preparazione del materiale.

Questa determinazione costituisce parte dello studio di stabilizzazione a calce o cemento dei terreni.

38.3.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-4 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 4: Determinazione della distribuzione granulometrica;
- ASTM D6913 - Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis.

38.4 ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE DI UNA TERRA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.001.b** "Analisi granulometrica per sedimentazione di una terra"

38.4.1 Descrizione

Ricostruzione della curva granulometrica nella sua parte terminale, ovvero per la porzione di terreno fine, passante al vaglio ASTM 200 (0,075 mm di maglia). L'attività comprende anche la preparazione del materiale.

Questa determinazione costituisce parte dello studio di stabilizzazione a calce o cemento dei terreni.

38.4.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-4 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 4: Determinazione della distribuzione granulometrica;
- ASTM D7928 - Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Fine-Grained Soils Using the Sedimentation (Hydrometer) Analysis.

38.5 DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.005** "Determinazione della massa volumica umida"

38.5.1 Descrizione

Determinazione del peso dell'unità di volume allo stato naturale dei terreni a grana fine.

38.5.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-2 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 2: Determinazione della massa volumica;
- ASTM D 2937 - Standard Test Method for Density of Soil in Place by the Drive-Cylinder Method;
- BS 1377:Part.2: 1990 - Methods of test for soils for civil engineering purposes. Classification tests.

38.6 DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI ACQUA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.010** "Determinazione dell'umidità del campione"

38.6.1 Descrizione

Determinazione del contenuto di acqua naturale di un provino di un terreno.

38.6.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-1 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 1: Determinazione del contenuto in acqua;
- ASTM D 2216 - Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.

38.7 DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.015** "Determinazione della massa volumica dei granuli solidi"

38.7.1 Descrizione

Determinazione del peso specifico dei granuli solidi costituenti un terreno non grossolano.

38.7.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-3 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 3: Determinazione della massa volumica dei granuli solidi;
- ASTM D 854 - Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer.

38.8 DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG (LIQUIDO E PLASTICO)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.025** "Determinazione dei limiti di Atterberg (WL, WP, WS)"

38.8.1 Descrizione

Determinazione del limite di liquidità e di plasticità del campione. Laddove determinate anche le caratteristiche fisiche generali e granulometriche del campione, dovranno essere determinati l'Indice di Plasticità (IP), l'Indice di Consistenza (IC) e l'Indice di Attività (IA) del campione stesso. Il punto identificativo del campione dovrà essere rappresentato sulla "carta di Casagrande" fornendo la classificazione dello stesso in funzione dei limiti.

Queste determinazioni costituiscono parte dello studio di stabilizzazione a calce o cemento dei terreni.

38.8.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-12 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 12: Determinazione dei limiti liquidi e plastici;
- ASTM D4318 - Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.

38.9 DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG (LIMITE DI RITIRO)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.025** "Determinazione dei limiti di Atterberg (WL, WP, WS)"

38.9.1 Descrizione

Determinazione del limite di ritiro, mediante lento essiccamento di un piccolo volume di terra satura. Esso definisce il contenuto in acqua corrispondente al passaggio dallo stato solido a quello fragile.

38.9.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D4943 - Standard Test Method for Shrinkage Factors of Cohesive Soils by the Water Submersion Method.

38.10 DETERMINAZIONE TENORE IN CARBONATI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.032** “Determinazione del tenore di carbonati”

38.10.1 Descrizione

Questa prova viene utilizzata per determinare la presenza e la quantità di carbonato in un campione di terreno in termini di calcite equivalente.

38.10.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D4373 - Standard Test Method for Rapid Determination of Carbonate Content of Soils;
- UNI EN 196-2 - Metodi di prova dei cementi - Parte 2: Analisi chimica dei cementi.

38.11 CLASSIFICAZIONE DI UNA TERRA PER USO STRADALE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.035** “Classificazione di una terra per uso stradale”

38.11.1 Descrizione

La norma si applica ai terreni naturali in sito e a materiali simili realizzati in sito e stabilisce i principi base per l'identificazione e la classificazione dei terreni sulla base di materiali e masse caratteristici più comunemente utilizzati. I principi di classificazione consentono il raggruppamento dei terreni in classi di composizione e di proprietà geotecniche simili. Tale classificazione contribuisce a determinare la possibilità di impiego del materiale per la costruzione dei rilevati, dei sottofondi stradali, ecc..

Questa determinazione costituisce parte dello studio di stabilizzazione a calce o cemento dei terreni.

38.11.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 14688-1 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 1: Identificazione e descrizione;
- UNI EN ISO 14688-2 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 2: Principi per una classificazione;
- UNI EN 16907-2 - Costruzioni in terra - Parte 2: Classificazione dei materiali.

38.12 PROVA DI TAGLIO CON SCISSOMETRO DA LABORATORIO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.060** “Prova di taglio con scissometro”

38.12.1 Descrizione

Questa prova fornisce una stima della resistenza al taglio non drenata dei terreni coesivi e si esegue inserendo nel terreno una paletta con sezione a croce greca (scissometro) e misurando lo sforzo torsionale che occorre applicare per portare a rottura il terreno stesso. E' necessario eseguire la media su 3 diverse prove.

38.12.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D4648 - Standard Test Methods for Laboratory Miniature Vane Shear Test for Saturated-Fine-Grained Clayey Soil.

38.13 PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ELL)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.065** “Prova di compressione ad E.L.L. su campioni di terra indisturbati”

38.13.1 Descrizione

La norma fornisce un metodo per determinare un valore approssimativo della resistenza a compressione non confinata di un provino omogeneo saturo di terreno, avente un livello di permeabilità sufficientemente basso tale da consentirgli di mantenersi non drenato nel corso della prova.

La prova si applica generalmente ai terreni ed alle miscele per lo studio di stabilizzazione a calce o cemento.

38.13.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-7 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 7: Prova di compressione non confinata;
- ASTM D2166 - Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.

38.14 PROVA EDOMETRICA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.070** “Prova edometrica su campioni di terra”
- **IG.01.072** “Determinazione del coefficiente di consolidazione secondaria ($C\alpha$)”

38.14.1 Descrizione

Le prove edometriche sono molto utilizzate per la loro semplicità e perché riproducono la consolidazione del terreno sotto il peso proprio degli strati sovrastanti, cioè una compressione assiale senza deformazione laterale. La prova edometrica standard viene infatti eseguita incrementando con progressione geometrica il carico assiale, che ad ogni gradino viene mantenuto costante per un tempo sufficiente a raggiungere le condizioni di regime.

La consolidazione secondaria si riferisce a deformazioni volumetriche a tensione efficace costante dovute a fenomeni viscosi e, pertanto, è associata a deformazioni del terreno quali il creep.

La prova si applica generalmente ai terreni ed alle miscele per lo studio di stabilizzazione a calce o cemento.

38.14.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-5 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 5: Prova edometrica ad incrementi di carico;
- ASTM D2435 - Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading.

38.15 PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.075** “Prova di taglio diretto su 3 provini indisturbati o ricostruiti”

38.15.1 Descrizione

La prova è finalizzata alla determinazione della resistenza delle terre in termini di tensioni efficaci mediante l'uso della scatola di taglio diretto. Le prove possono essere eseguite su provini indisturbati, ovvero rimaneggiati e compattati o ricostituiti. Per determinare le caratteristiche di resistenza sono necessari tre o più provini, portati a rottura a valori diversi di sforzo normale.

La valutazione della resistenza al taglio residua riveste notevole importanza laddove sono avvenuti o sono in atto movimenti gravitativi e, quindi, condizioni di rottura nel terreno.

38.15.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-10 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sulle terre - Parte 10: Prove di taglio diretto;
- ASTM D3080 - Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.

38.16 PROVA DI TAGLIO ANULARE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.080** "Prova di taglio anulare"

38.16.1 Descrizione

La prova è finalizzata alla determinazione della resistenza delle terre in termini di tensioni efficaci mediante l'uso dell'apparecchio di taglio anulare. Le prove possono essere eseguite su provini indisturbati, ovvero rimaneggiati e compattati o ricostituiti. Per determinare le caratteristiche di resistenza sono necessari tre o più provini, portati a rottura a valori diversi di sforzo normale.

38.16.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-10 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sulle terre - Parte 10: Prove di taglio diretto.

38.17 PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA – UU

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.085.a** "Prova di compressione triassiale tipo UU"

38.17.1 Descrizione

La prova è finalizzata alla determinazione della resistenza al taglio, in termini di pressioni totali, di un provino cilindrico saturo di terreno, mediante prova triassiale non consolidata non drenata. In questa prova non viene permesso alcun drenaggio, quindi nessuna dissipazione di pressione dei pori, né durante l'applicazione della pressione di confinamento, né durante l'applicazione del carico. Non si misura, dunque, la pressione neutra.

38.17.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-8 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 8: Prova triassiale non consolidata non drenata;

- ASTM D2850 - Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils.

38.18 PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA – CU

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.085.b** “Prova di compressione triassiale tipo CU”

38.18.1 Descrizione

La prova è finalizzata alla determinazione della resistenza al taglio, in termini di pressioni efficaci, di un provino cilindrico saturo di terreno, mediante prova triassiale consolidata non drenata. In questa prova viene permesso il drenaggio durante l'applicazione delle pressione di confinamento, finché il campione è completamente consolidato sotto questa pressione, mentre il drenaggio viene impedito durante l'applicazione del carico. E' quindi possibile misurare la pressione neutra.

38.18.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-9 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 9: Prove di compressione triassiale consolidate su terreni saturi;
- ASTM D4767 - Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils.

38.19 PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CONSOLIDATA DRENATA – CD

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.085.c** “Prova di compressione triassiale tipo CD”

38.19.1 Descrizione

La prova è finalizzata alla determinazione della resistenza al taglio, in termini di pressioni efficaci, di un provino cilindrico saturo di terreno, mediante prova triassiale consolidata drenata. In questa prova viene permesso il drenaggio durante tutta la prova, cosicché durante l'applicazione del carico non si ha formazione di pressione neutra in eccesso e si misurano, quindi, le variazioni di volume del provino.

38.19.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-9 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 9: Prove di compressione triassiale consolidate su terreni saturi;

- ASTM D7181 - Standard Test Method for Consolidated Drained Triaxial Compression Test for Soils.

38.20 PROVA DI PERMEABILITÀ IN LABORATORIO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.090** "Prova di permeabilità a carico costante o variabile"

38.20.1 Descrizione

La prova è finalizzata alla determinazione della permeabilità all'acqua di campioni di terreno. Possono essere eseguite a carico costante o a carico variabile. Per campioni ad alta permeabilità è preferibile effettuare prove a carico costante, mentre per campioni a bassa permeabilità è preferibile effettuare prove a carico variabile.

38.20.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-11 - Indagini geotecniche e prove - Prove di laboratorio sulle terre - Parte 11: Prove di permeabilità;
- ASTM D2434 - Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head);
- ASTM D5084 - Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter;
- AASHTO T215 - Standard Method of Test for Permeability of Granular Soils (Constant Head).

38.21 PROVA DI RIGONFIAMENTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.095** "Prova di rigonfiamento"

38.21.1 Descrizione

La prova è finalizzata alla determinazione della pressione, della deformazione e della curva di rigonfiamento in terreni fortemente coesivi.

38.21.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-5 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 5: Prova edometrica ad incrementi di carico;

- ASTM D4546 - Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Collapse of Soils.

38.22 PROVA DI COLONNA RISONANTE (RC)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.105** "Prova di colonna risonante"

38.22.1 Descrizione

Le prove cicliche e dinamiche di laboratorio sono un valido strumento per esaminare il comportamento sforzi-deformazioni del terreno in condizioni di carico simili a quelle indotte dal terremoto se associate alla definizione dello scenario sismico e ad una previsione del moto atteso.

Si tratta di una prova, condotta a livelli deformativi bassi e medi, finalizzata alla determinazione delle leggi di decadimento della rigidità e di incremento del fattore di smorzamento.

38.22.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D4015 - Standard Test Methods for Modulus and Damping of Soils by Fixed-Base Resonant Column Devices.

38.23 PROVA TRIASSIALE CICLICA DI TIPO PROPERTY (TXC-P)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.110.b** "Prova triassiale ciclica di tipo property (decadimento della rigidità) – Terreni fini"

38.23.1 Descrizione

Le prove cicliche e dinamiche di laboratorio sono un valido strumento per esaminare il comportamento sforzi-deformazioni del terreno in condizioni di carico simili a quelle indotte dal terremoto se associate alla definizione dello scenario sismico e ad una previsione del moto atteso.

Si tratta di una prova, condotta a livelli deformativi elevati, che consente di valutare l'influenza del livello di deformazione sui moduli dinamici, sullo smorzamento e sulla resistenza al taglio di terreni coesivi.

38.23.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D3999 - Standard Test Methods for the Determination of the Modulus and Damping Properties of Soils Using the Cyclic Triaxial Apparatus.

38.24 PROVA TRIASSIALE CICLICA A LIQUEFAZIONE (TXC-L)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.110.b** “Prova triassiale ciclica a liquefazione – Terreni granulari”

38.24.1 Descrizione

Le prove cicliche e dinamiche di laboratorio sono un valido strumento per esaminare il comportamento sforzi-deformazioni del terreno in condizioni di carico simili a quelle indotte dal terremoto se associate alla definizione dello scenario sismico e ad una previsione del moto atteso.

Si tratta di una prova condotta a livelli deformativi elevati, eseguita in condizioni di carico controllato (*Load controlled test*) viene utilizzata per lo studio di problemi di liquefazione dei terreni granulari saturi, essendo possibile determinare la resistenza ultima del terreno dopo un predeterminato numero di cicli.

38.24.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D5311 - Standard Test Method for Load Controlled Cyclic Triaxial Strength of Soil.

38.25 PROVA DI TAGLIO TORSIONALE CICLICO (TTC)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.113** “Prova di taglio torsionale ciclico”

38.25.1 Descrizione

Le prove cicliche e dinamiche di laboratorio sono un valido strumento per esaminare il comportamento sforzi-deformazioni del terreno in condizioni di carico simili a quelle indotte dal terremoto se associate alla definizione dello scenario sismico e ad una previsione del moto atteso.

Si tratta di una prova, condotta a livelli deformativi bassi, risulta quindi efficace per lo studio del comportamento del terreno in condizioni di sollecitazione sismica.

38.25.2 Modalità esecutive

Nelle prove di Taglio Torsionale Ciclico (TTC) i provini cilindrici sono sollecitati in condizioni di taglio semplice sovrapponendo ad uno stato di tensione efficace isotropo una coppia torcente variabile nel tempo con legge periodica a frequenza costante e predeterminata, ripetendo più serie di cicli con ampiezze via via crescenti. Le prove consentono di misurare la rigidezza a piccole e medie deformazioni e le leggi di decadimento del modulo di taglio e del rapporto di smorzamento. Spesso tra ogni serie di cicli è interposta una fase di consolidazione. Dall'interpretazione dei risultati ottenuti con i vari cicli di scarico e ricarico, a mezzo dei relativi parametri equivalenti di rigidezza al taglio (G_s), del fattore di smorzamento (D), e della

deformazione tangenziale y si interpreta il comportamento dinamico del campione di terreno sottoposto a prova.

39 PROVE SU MISCELE NON LEGATE E LEGATE CON LEGANTI IDRAULICI

Per quanto riguarda i criteri di identificazione e di gestione dei campioni e dei materiali si può fare riferimento, nel complesso, a quanto già indicato per i campioni di terre.

Resta inteso che le determinazioni o le prove specificamente contemplate per le terre oppure per le rocce od ancora per i materiali granulari possano, ove possibile, essere previste e realizzate anche per gli altri tipi di materiali.

39.1 PROVA DI COMPATTAZIONE PROCTOR

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.040** "Prova di costipamento di una terra"

39.1.1 Descrizione

La norma descrive un metodo per la determinazione della correlazione fra il contenuto di acqua e la massa volumica asciutta di miscele legate con leganti idraulici o non legate dopo il costipamento Proctor. La norma si applica unicamente a miscele non legate e legate con leganti idraulici di aggregati utilizzate nella costruzione di strade e in opere di ingegneria civile. Comunemente denominata anche Prova AASHTO Standard o Modificata (Prova Proctor Modificata).

La prova si applica generalmente ai terreni ed alle miscele per lo studio di stabilizzazione a calce o cemento.

39.1.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 13286-2 - Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 2: Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor;
- ASTM D698 - Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³));
- ASTM D1557 - Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³)).

39.2 DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI PORTANZA CBR

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.045** "Determinazione dell'indice di portanza CBR"

39.2.1 Descrizione

La norma specifica i metodi di prova per determinare in laboratorio l'indice di portanza CBR e l'indice di portanza immediata, per miscele con dimensioni granulometriche fino a 22,4 mm. La norma descrive inoltre il metodo per determinare il rigonfiamento verticale del provino.

La prova di portanza C.B.R. (*California Bearing Ratio*) trova applicazione in tutti i tipi di materiali dalle argille ai misti granulari con o senza leganti ed è largamente diffusa nel caso di dimensionamento di sovrastrutture stradali, quali strati di fondazione e di base delle pavimentazioni flessibili.

La prova si applica generalmente ai terreni ed alle miscele per lo studio di stabilizzazione a calce o cemento.

39.2.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 13286-47 - Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 47: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento;
- ASTM D1883 - Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils.

39.3 PROVA DI RESISTENZA A COMPRESSIONE DI PROVINI COMPATTATI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.050** "Prova di compressione e/o trazione (Brasiliana)"

39.3.1 Descrizione

La norma descrive un metodo per determinare la resistenza a compressione di provini di miscele legate con leganti idraulici, realizzati in laboratorio oppure a partire da carote.

39.3.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 13286-41 - Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 41: Metodo di prova per la determinazione della resistenza a compressione di miscele legate con leganti idraulici.

39.4 PROVA DI RESISTENZA A TRAZIONE INDIRETTA DI PROVINI COMPATTATI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.050** “Prova di compressione e/o trazione (Brasiliana)”

39.4.1 Descrizione

Questa prova viene utilizzata spesso su campioni di roccia.

La norma descrive un metodo per determinare la resistenza a trazione indiretta di provini cilindrici di miscele legate con leganti idraulici, realizzati in laboratorio oppure a partire da carote.

39.4.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 13286-42 - Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 42: Metodo di prova per la determinazione della resistenza a trazione indiretta di miscele legate con leganti idraulici;
- ASTM D3967 - Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens;
- I.S.R.M. 1978 - Suggested methods for determining tensile strength of rock materials.

39.5 DENSITÀ RELATIVA DI TERRENI NON COERENTI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.170** “Densità relativa di terreni non coerenti”

39.5.1 Descrizione

Determinazione della massa volumica secca massima e del contenuto di acqua di materiali privi di coesione compattati per mezzo di una tavola vibrante. Si applica a miscele da impiegare nella costruzione di strade, contenenti fino al 12% in massa di fini e aventi dimensione massima dei materiali pari a 80 mm.

39.5.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 13286-5 - Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 5: Metodi di prova della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Tavola vibrante;
- ASTM D4253 - Standard Test Methods for Maximum Index Density and Unit Weight of Soils Using a Vibratory Table;
- ASTM D4254 - Standard Test Methods for Minimum Index Density and Unit Weight of Soils and Calculation of Relative Density.

40 PROVE SU ROCCE (PIETRE NATURALI)

Per quanto riguarda i criteri di identificazione e di gestione dei campioni e dei materiali si può fare riferimento, nel complesso, a quanto già indicato per i campioni di terre. Come già specificato è necessario che tali prove vengano eseguite da laboratori certificati presso il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici alla categoria B (prove su rocce).

Resta inteso che le determinazioni o le prove specificamente contemplate per le terre oppure per le rocce od ancora per i materiali granulari possano, ove possibile, essere previste e realizzate anche per gli altri tipi di materiali.

Nelle norme UNI le rocce vengono definite “pietre naturali” (UNI EN 12670).

40.1 CARATTERISTICHE FISICHE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.180** “Determinazione della massa volumica reale e apparente e della porosità totale aperta per pietre naturali”

40.1.1 Descrizione

Determinazione della massa volumica reale, della massa volumica apparente, e della porosità totale e aperta di una provino di roccia.

40.1.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1936 - Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della massa volumica reale e apparente e della porosità totale e aperta;
- I.S.R.M. 1979 - Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties, part 1 – Test 2 – Suggested method for porosity/density determination using saturation and caliper techniques.

40.2 DETERMINAZIONE DELL'ASSORBIMENTO D'ACQUA A PRESSIONE ATMOSFERICA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.185** “Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica”

40.2.1 Descrizione

Determinazione dell'assorbimento d'acqua di pietre naturali tramite immersione in acqua a pressione atmosferica.

40.2.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 13755 - Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione;
- ASTM D2216 - Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.

40.3 DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL GELO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.190** "Determinazione della resistenza al gelo per pietre naturali"

40.3.1 Descrizione

Si definisce come resistenza al gelo la capacità di un materiale lapideo di non degradarsi dal punto di vista meccanico sotto l'azione di cicli di gelo e disgelo. Si tratta quindi di un metodo utilizzato per valutare l'effetto dei cicli di gelo/ disgelo sui campioni di roccia. La resistenza al gelo viene espressa come il rapporto tra la resistenza a flessione di un lotto di provini sottoposti a cicli di gelo-disgelo rispetto ad un analogo lotto in condizioni naturali.

40.3.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 12371 - Metodo di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza al gelo.

40.4 PROVA DI COMPRESSIONE A CARICO CONCENTRATO (POINT LOAD TEST)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.195** "Prova di compressione a carico concentrato (Point load test)"

40.4.1 Descrizione

Si tratta di una prova speditiva, spesso utilizzata direttamente in sito, in quanto può essere eseguita anche su campioni di forma irregolare purché entro determinati limiti geometrici. Consiste nell'applicazione di un carico puntuale su un campione di roccia, attraverso due punte di forma standardizzata, e consente di ricavare, indirettamente, la resistenza a compressione uniassiale della matrice rocciosa.

40.4.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D5731 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications;
- I.S.R.M. 1985 - Suggested methods for determining Point Load Strength.

40.5 PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE SEMPLICE (UCS)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.200.a** “Prova di compressione uniassiale senza rilievo della curva di deformazione”

40.5.1 Descrizione

Determinazione della resistenza a compressione uniassiale. La prova consiste nel portare a rottura un campione di forma cilindrica di roccia (in genere ricavato da una carota di sondaggio) sottoponendolo solo ad una pressione normale. Durante la prova, i provini sono liberi di deformarsi lateralmente.

40.5.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1926 - Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale;
- ASTM D7012 (Method C) - Standard Test Methods for Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures.

40.6 PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE CON ESTENSIMETRI (UCS)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.200.b** “Prova di compressione uniassiale con rilievo della curva di deformazione”

40.6.1 Descrizione

Determinazione della resistenza a compressione uniassiale e delle caratteristiche di deformabilità della roccia, ricavate attraverso l'utilizzo di estensimetri. Si dovrà prevedere l'apposizione, su ogni provino di roccia testato, di n. 4 estensimetri diversamente orientati rispetto alla direzione di applicazione del carico. In particolare, 2 estensimetri dovranno essere posti in direzione assiale e 2 in direzione diametrali. Per tutti i 4 estensimetri dovranno essere riportati in forma di tabella i valori di tempo, carico, pressione e deformazione. Gli stessi dovranno essere riportati anche nel grafico di compressione (pressione/deformazione). La prova consiste nel portare a rottura un campione di forma cilindrica di roccia (in genere ricavato da una carota di sondaggio) sottoponendolo solo ad una pressione normale. Durante la prova, i provini sono liberi di deformarsi lateralmente.

40.6.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D7012 (Method D) - Standard Test Methods for Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures.

40.7 PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE SU ROCCIA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.205** "Prova di compressione triassiale su roccia"

40.7.1 Descrizione

Determinazione della resistenza a compressione triassiale e delle caratteristiche di deformabilità della roccia, ricavate attraverso l'utilizzo di estensimetri. Si dovrà prevedere l'apposizione, su ogni provino di roccia testato, di n. 4 estensimetri diversamente orientati rispetto alla direzione di applicazione del carico. In particolare, 2 estensimetri dovranno essere posti in direzione assiale e 2 in direzione diametrali. Per tutti i 4 estensimetri dovranno essere riportati in forma di tabella i valori di tempo, carico, pressione e deformazione. Gli stessi dovranno essere riportati anche nel grafico di compressione (pressione/deformazione). La prova consiste nel portare a rottura un campione di forma cilindrica di roccia (in genere ricavato da una carota di sondaggio) sottoponendo lo stesso ad una pressione normale in presenza di pressione di confinamento (pressione di camera).

40.7.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D7012 (Methods A and B) - Standard Test Methods for Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures.

40.8 DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A FLESSIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.210** "Determinazione della resistenza"

40.8.1 Descrizione

La determinazione della resistenza a flessione di un campione di roccia può essere ottenuta attraverso due diversi metodi: sotto carico concentrato e a momento costante. Sono inclusi i procedimenti sia per la prova di identificazione che per la prova tecnologica.

40.8.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 12372 - Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a flessione sotto carico concentrato;
- UNI EN 13161 - Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a flessione a momento costante.

40.9 PROVA DI TAGLIO SU GIUNTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.087** "Prova di taglio su giunto"

40.9.1 Descrizione

La prova permette di misurare, in laboratorio, la resistenza al taglio lungo una discontinuità, naturale o artificiale, di un campione di roccia. La prova consiste nel sottoporre a scorrimento relativo due porzioni di roccia separate da una superficie di discontinuità.

La prova può essere eseguita con o senza l'ausilio di resina a seconda delle condizioni della discontinuità.

40.9.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D5607 - Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force;
- I.S.R.M. 1974 - Suggested Method for Determining Shear Strength.

40.10 ESTRAZIONE PROVINI CILINDRICI DA CAROTE O CAMPIONI DI ROCCIA INFORME

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.260** "Preparazione o estrazione di cubetti da blocchi di pietre-rocce"

40.10.1 Descrizione

Estrazione e sagomatura di provini cilindrici, dalle carote di sondaggio o da blocchi di roccia prelevati in affioramento o sui fronti di scavo, per la preparazione dei campioni di roccia intatta da sottoporre a prove di compressione uniassiale o triassiale.

40.10.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D4543 - Standard Practices for Preparing Rock Core as Cylindrical Test Specimens and Verifying Conformance to Dimensional and Shape Tolerances.

40.11 RETTIFICA DI CUBETTI E CAROTE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.265** "Rettifica di cubetti e carote"

40.11.1 Descrizione

Spianatura e rettifica meccanica di provini cilindrici o prismatici di roccia.

40.11.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D4543 - Standard Practices for Preparing Rock Core as Cylindrical Test Specimens and Verifying Conformance to Dimensional and Shape Tolerances.

40.12 ANALISI PETROGRAFICA MEDIANTE SEZIONE SOTTILE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.295** "Analisi petrografica mediante sezione sottile"

40.12.1 Descrizione

Analisi mineralogico-petrografica di un campione di roccia mediante osservazione di sezioni sottili con microscopio polarizzatore in luce trasmessa. Caratterizzazione della struttura e determinazione della natura dei componenti minerali.

E' compreso l'intero processo di preparazione della sezione sottile.

40.12.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 12407 - Metodi di prova per pietre naturali - Esame petrografico;
- I.S.R.M. 1977 - Suggested Methods for Petrographic Description of Rock.

40.13 ANALISI MINERALOGICA TRAMITE DIFFRATTOMETRIA A RAGGI X

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.296** "Analisi diffrattometrica"

40.13.1 Descrizione

La diffrazione ai raggi X (*X Ray Diffraction*, XRD) è una metodologia per l'analisi mineralogica di campioni di diversa natura. Il diffrattometro a raggi X è uno strumento di base per l'identificazione e lo studio di materiali solidi, che vanno dai campioni di rocce ai minerali, dai suoli ai prodotti industriali, dai reperti archeologici ai materiali extraterrestri, ecc..

La prova viene eseguita su campioni di roccia polverizzata, sul campione tal quale, sulla frazione argillosa non trattata, sulla frazione argillosa trattata con attacco glicolico e sulla frazione argillosa sottoposta a trattamento termico a 60 °C. Oltre a indagini di caratterizzazione e provenienza può servire per identificare cambiamenti dei materiali dovuti al degrado.

E' compresa la fornitura dei diffrattogrammi e della relazione interpretativa dell'analisi.

E' compresa la preparazione del campione e delle diverse frazioni di prova.

40.13.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 13925-1 - Prove non distruttive - Diffrazione a raggi X dai materiali policristallini e amorfi - Parte 1: Principi generali;
- UNI EN 13925-2 - Prove non distruttive - Diffrazione a raggi X dai materiali policristallini e amorfi - Parte 2: Procedure;
- UNI EN 13925-3 - Prove non distruttive - Diffrazione a raggi X dai materiali policristallini e amorfi - Parte 3: Strumenti.

41 PROVE SU AGGREGATI

Gli aggregati di origine minerale sono utilizzati in tutti i settori dell'ingegneria civile per produrre conglomerati bituminosi, calcestruzzi, malte, pietrame per argini, ballast ferroviari, ecc..

Le norme UNI EN sono state distinte in cinque diversi raggruppamenti. Prove per determinare:

- le proprietà generali (Norme da UNI EN 932-1 a UNI EN 932-6);
- le caratteristiche geometriche (Norme da UNI EN 933-1 a UNI EN 933-10);
- le caratteristiche meccaniche e fisiche (Norme da 1097-1 a UNI EN 1097-10);
- le proprietà tecniche e la degradabilità (Norme da UNI EN 1367-1 a UNI EN 1367-5);
- le proprietà chimiche (Norme UNI EN 1744-1 a UNI EN 1744-3).

Resta inteso che le determinazioni o le prove specificamente contemplate per le terre oppure per le rocce od ancora per i materiali granulari possano, ove possibile, essere previste e realizzate anche per gli altri tipi di materiali.

41.1 DETERMINAZIONE DELL'EQUIVALENTE IN SABBIA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.030** "Determinazione dell'equivalente in sabbia"

41.1.1 Descrizione

La prova consente di determinare il valore di equivalente in sabbia della frazione 0/2 mm negli aggregati fini o negli aggregati misti.

41.1.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 933-8 - Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 8: Valutazione dei fini - Prova dell'equivalente in sabbia;
- CNR BU n. 27 - Metodo di prova per la misura dell'equivalente in sabbia.

41.2 MASSA VOLUMICA DEI GRANULI E ASSORBIMENTO D'ACQUA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.175** "Determinazione della massa volumica umida dei granuli e assorbimento acqua"

41.2.1 Descrizione

Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento d'acqua di aggregati normali e aggregati leggeri.

41.2.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1097-6 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 6: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua.

41.3 PROVA DI USURA PER ATTRITO RADENTE (C.L.A.)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.215** "Prova di usura per attrito radente (C.L.A.)"

41.3.1 Descrizione

Determinazione del valore di levigabilità (VL) di un aggregato grosso impiegato per il rivestimento della superficie stradale.

41.3.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1097-8 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 8: Determinazione del valore di levigabilità;
- CNR BU n. 140 - Misura del coefficiente di levigabilità accelerata (CLA) delle granaglie.

41.4 PROVA DI RESISTENZA ALL'ABRASIONE DI AGGREGATI (MICRODEVAL)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.220** "Prova di resistenza all'abrasione di aggregati (Microdeval)"

41.4.1 Descrizione

Determinazione della resistenza all'usura degli aggregati grossi e degli aggregati per massicciate per ferrovie. La norma si applica agli aggregati naturali, artificiali o riciclati impiegati nell'edilizia o nell'ingegneria civile.

41.4.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1097-1 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 1: Determinazione della resistenza all'usura (micro-Deval).

41.5 PROVA LOS ANGELES

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.225** "Prova Los Angeles determinazione della resistenza alla frammentazione"

41.5.1 Descrizione

La norma descrive il metodo di riferimento, la prova Los Angeles, utilizzato per la determinazione della resistenza alla frammentazione degli aggregati grossi (testo principale) e degli aggregati per massicciata ferroviaria (appendice A). Si applica agli aggregati naturali, artificiali o riciclati impiegati nell'ingegneria edile e civile.

41.5.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1097-2 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 2: Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione;
- CNR BU n. 34 - Determinazione della perdita in peso per abrasione di aggregati lapidei con l'apparecchio "Los Angeles".

41.6 MASSA VOLUMICA APPARENTE DI AGGREGATI ADDENSATI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.230.a** "Determinazione della massa volumica apparente di aggregati addensati"

41.6.1 Descrizione

Lo scopo della prova è quello di stabilire la massa volumica di un aggregato assestato, ossia di determinare la massa di volume unitario di aggregato, comprensivo dei vuoti intergranulari e dei pori, assestato con procedimento normalizzato.

41.6.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- CNR BU n. 76 - Determinazione della massa volumica di aggregati assestati con tavola a scosse.

41.7 MASSA VOLUMICA APPARENTE DEI GRANULI DI UN AGGREGATO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.230.c** "Determinazione della massa volumica apparente dei granuli di un aggregato"

41.7.1 Descrizione

Lo scopo della prova è quello di determinare la massa volumica apparente dei granuli di un aggregato, intesa come la massa di un volume unitario del materiale solido, inclusi i pori interni ai granuli non saturabili con acqua. In altri termini, con tale prova è possibile determinare il peso specifico di un aggregato, inteso come peso dell'unità di volume.

La presente metodologia di prova si applica agli aggregati normali e leggeri, nonché agli aggregati per conglomerati bituminosi.

41.7.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- CNR BU n. 63 - Determinazione della massa apparente dei granuli di un aggregato.

41.8 MASSA VOLUMICA REALE DEI GRANULI DI UN AGGREGATO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.235** “Determinazione della massa volumica reale dei granuli di un aggregato”

41.8.1 Descrizione

Lo scopo della prova è quello di determinare la massa volumica reale dei granuli costituenti un aggregato.

La presente metodologia di prova si applica agli aggregati normali e leggeri, nonché agli aggregati per conglomerati bituminosi.

41.8.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1097-6 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 6: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua;
- CNR BU n. 64 - Determinazione della massa volumica reale dei granuli di un aggregato.

41.9 MASSA VOLUMICA IN MUCCHIO E DEI VUOTI INTERGRANULARI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.240** “Determinazione della massa volumica in mucchio e dei vuoti intergranulari”

41.9.1 Descrizione

Lo scopo della prova è quello di determinare la massa volumica in mucchi di aggregati essiccati e di calcolare i vuoti intergranulari.

La presente metodologia di prova si applica agli aggregati naturali ed artificiali di dimensioni fino ad un massimo di 63 mm, secondo quanto espresso dalla norma di riferimento.

41.9.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1097-3 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della massa volumica in mucchio e dei vuoti intergranulari;
- CNR BU n. 62 - Determinazione della massa volumica apparente di aggregati non addensati.

41.10 INDICE DEI VUOTI, POROSITÀ DI UN AGGREGATO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.245** “Indice dei vuoti, porosità di un aggregato”

41.10.1 Descrizione

Lo scopo della prova è quello di determinare la massa volumica in mucchi di aggregati essiccati e di calcolare i vuoti intergranulari. Questa si calcola a partire dalla massa volumica in mucchio e dalla massa volumica reale delle particelle (determinata su un provino a parte prelevato dal medesimo campione di prova ai sensi della norma UNI EN 1097-6)

La presente metodologia di prova si applica agli aggregati naturali ed artificiali di dimensioni fino ad un massimo di 63 mm, secondo quanto espresso dalla norma di riferimento.

41.10.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1097-3 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della massa volumica in mucchio e dei vuoti intergranulari;
- CNR BU n.65 - Determinazione della porosità dei granuli di aggregati, percentuale dei vuoti di aggregati e indice dei vuoti di aggregati.

41.11 COEFFICIENTE DI FRANTUMAZIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.250** “Coefficiente di frantumazione”

41.11.1 Descrizione

La norma specifica un metodo per determinare il coefficiente di frantumazione degli aggregati.

41.11.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- CNR Fascicolo 4/1953 - Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, della sabbia, degli additivi per costruzioni stradali.

41.12 PERDITA PER DECANTAZIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.255** “Perdita per decantazione di aggregati”

41.12.1 Descrizione

La norma specifica un metodo per la determinazione della perdita di peso del materiale per decantazione in acqua.

41.12.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- CNR Fascicolo 4/1953 - Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, della sabbia, degli additivi per costruzioni stradali.

41.13 DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL GELO E DISGELO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.270** "Determinazione della resistenza al gelo e disgelo degli aggregati"

41.13.1 Descrizione

La norma stabilisce un metodo di prova che fornisce le necessarie informazioni sul comportamento degli aggregati quando sono soggetti a cicli di gelo e disgelo. La prova è applicabile ad aggregati aventi dimensione dei granuli tra 4 mm e 63 mm.

41.13.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1367-1 - Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Parte 1: Determinazione della resistenza al gelo e disgelo.

41.14 DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.275** "Determinazione della distribuzione granulometrica"

41.14.1 Descrizione

La prova si applica agli aggregati naturali ed artificiali, inclusi gli aggregati leggeri, fino ad una dimensione nominale di 63 mm, esclusi i fillers.

La prova si applica generalmente ai terreni per lo studio di stabilizzazione a calce o cemento.

41.14.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 933-1 - Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 1: Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per setacciatura;
- UNI EN 933-2 - Determinazione della distribuzione granulometrica - Stacci di controllo, dimensioni nominali delle aperture.

41.15 DETERMINAZIONE DELLA FORMA DEI GRANULI – INDICE DI APPIATTIMENTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.280.a** “Determinazione forma dei granuli – Indice di appiattimento”

41.15.1 Descrizione

La prova viene utilizzata per determinare l'indice di appiattimento degli aggregati grossi. La norma si applica agli aggregati naturali, artificiali o riciclati.

Il metodo di prova specificato in questa parte della norma non è applicabile a granulometrie minori di 4 mm o maggiori di 100 mm.

41.15.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 933-3 - Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 3: Determinazione della forma dei granuli - Indice di appiattimento.

41.16 DETERMINAZIONE DELLA FORMA DEI GRANULI – INDICE DI FORMA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.280.b** “Determinazione forma dei granuli – Indice di forma”

41.16.1 Descrizione

La norma stabilisce un metodo per la determinazione dell'indice di forma degli aggregati grossi di origine naturale o artificiale, compresi gli aggregati leggeri.

41.16.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 933-4 - Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 4: Determinazione della forma dei granuli - Indice di forma.

41.17 ANALISI PETROGRAFICA SOMMARIA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.290** “Analisi petrografica sommaria”

41.17.1 Descrizione

La norma specifica una procedura di base per l'esame petrografico a scopi di classificazione generale, non è adatta per lo studio petrografico dettagliato di aggregati destinati ad utilizzi specifici.

41.17.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 932-3 - Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata.

41.18 PERCENTUALE DI SUPERFICI FRANTUMATE NEGLI AGGREGATI GROSSI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.300** “Determinazione della percentuale di superfici frantumate negli aggregati grossi”

41.18.1 Descrizione

La norma specifica un metodo per la determinazione della percentuale di particelle con superficie frantumata o spezzata in un campione di aggregato naturale grosso. Essa si applica alla ghiaia o agli aggregati miscelati contenenti ghiaia. Il metodo di prova specificato è applicabile a classi granulometriche di/Di, dove $D_i < 63 \text{ mm}$ e $d_i > 4 \text{ mm}$.

41.18.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 933-5 - Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 5: Determinazione della percentuale di superfici frantumate negli aggregati grossi.

41.19 CONTENUTO IN SOSTANZE ORGANICHE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.04.900** “Determinazione del contenuto in sostanze organiche”

41.19.1 Descrizione

L'humus è la sostanza organica che si forma nel suolo dalla decomposizione di residui animali e vegetali. Lo scopo della prova è quello di stabilire un metodo per la determinazione del contenuto di sostanza

umica, al fine della determinazione dei componenti organici che influiscono sulla presa e l'indurimento del calcestruzzo.

La prova si applica generalmente agli aggregati per calcestruzzo o per lo studio di stabilizzazione a calce o cemento di un terreno.

41.19.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1744-1 - Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 1: Analisi chimica;
- ASTM D2974 - Standard Test Methods for Determining the Water (Moisture) Content, Ash Content, and Organic Material of Peat and Other Organic Soils.

41.20 VALORE DEL BLU DI METILENE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.04.905** "Valore del blu"

41.20.1 Descrizione

Determinazione del valore del blu di metilene della frazione 0/2 mm in aggregati fini o aggregati misti (MB). Nell'appendice A è descritto anche il metodo di riferimento per la determinazione del valore del blu di metilene per la frazione 0/0,125 mm (MBF).

La prova si applica generalmente agli aggregati per lo studio di stabilizzazione a calce o cemento di un terreno.

41.20.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 933-9 - Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 9: Valutazione dei fini - Prova del blu di metilene.

41.21 CONSUMO INIZIALE DI CALCE (C.I.C.)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **Non presente in Elenco Prezzi 2020**

41.21.1 Descrizione

Quantità di calce necessaria per soddisfare le reazioni immediate terra-calce, in relazione alla capacità di scambio cationico dei minerali d'argilla.

La prova si applica generalmente ai terreni per lo studio di stabilizzazione a calce o cemento.

41.21.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM C977 - Standard Specification for Quicklime and Hydrated Lime for Soil Stabilization;
- ASTM D6276 - Standard Test Method for Using pH to Estimate the Soil-Lime Proportion Requirement for Soil Stabilization.

41.22 CONTENUTO IN SOLFATI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.04.665** "Determinazione del solfato"

41.22.1 Descrizione

Determinazione del contenuto in solfati nei terreni. La percentuale di solfato può influenzare le capacità di rigonfiamento dei terreni sottoposti a miscelazione con calce o cemento.

La prova si applica generalmente ai terreni per lo studio di stabilizzazione a calce o cemento.

41.22.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1744-1 - Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 1: Analisi chimica.



Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO

Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto **Parte 2**

IT.PRL.05.12 - Rev. 1.0

Rilievi e cartografia

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



Sommario

1	DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI	7
2	PRESCRIZIONI TECNICHE PER IL RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO	8
2.1	ESECUZIONE DEI RILIEVI AEROFOTOGRAMMETRICI	8
2.1.1	Prescrizioni sulle Procedure di Controllo	9
2.2	PRESA AEROFOTOGRAMMETRICA ED APPRONTAMENTO DEL MATERIALE FOTOGRAFICO	9
2.2.1	Procedure di Controllo relative alla Presa Aerofotogrammetrica ed Approntamento del Materiale Fotografico	15
2.3	RETE GEODETICA DI INQUADRAMENTO	17
2.3.1	Procedure di Controllo relative alla Rete Geodetica di Inquadramento	19
2.4	RETE DI RAFFITTIMENTO	19
2.5	PUNTI FOTOGRAFICI D'APPOGGIO	21
2.6	UTILIZZO DELLA TECNOLOGIA GPS	23
2.6.1	Procedure di Controllo relative all' Utilizzo della tecnologia GPS	26
2.7	PUNTI FOTOGRAFICI D'APPOGGIO DA TRIANGOLAZIONE AEREA	26
2.8	COORDINATE RETTILINEE	27
2.9	POLIGONALE	28
2.9.1	Poligonale a lati lunghi	28
2.9.2	Poligonale a lati corti	29
2.9.3	Procedure di Controllo relative alla Poligonale	30
2.10	LIVELLAZIONE GEOMETRICA	31
2.10.1	Livellazione Geometrica di Precisione	31
2.10.2	Procedure di Controllo relative alla Livellazione Geometrica di Precisione	32
2.10.3	Livellazione Tecnica	33
2.10.4	Procedure di Controllo relative alla Livellazione Tecnica	33
2.11	MATERIALIZZAZIONE DEI VERTICI	34
2.11.1	Centrini metallici	34
2.11.2	Pilastrini in cls	34
2.11.3	Chiodi sparati	35
2.12	RESTITUZIONE DEI FOTOGRAMMI ED APPRONTAMENTO DELLA MINUTA DI RESTITUZIONE	35
2.13	RICOGNIZIONE ED INTEGRAZIONE DELLA MINUTA DI RESTITUZIONE CON OPERAZIONI A TERRA	42



2.14	PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE AI FOGLI CARTOGRAFICI	43
2.14.1	Controllo Planimetrico	43
2.14.2	Controllo Altimetrico	44
3	GENERAZIONE DI ORTOFOTO, MODELLI ALTIMETRICI A GRANDE SCALA	46
3.1	SPECIFICHE TECNICHE GENERALI	46
3.2	SISTEMI DI RIFERIMENTO	47
3.3	TOLLERANZA PLANIMETRICA	47
3.4	RISOLUZIONE GEOMETRICA	48
3.5	RISOLUZIONE RADIOMETRICA	48
3.6	FORMATO DEI DATI DIGITALI	49
3.7	DATA DEL RILIEVO	49
3.8	METADATI	49
3.9	PRODUZIONE DELLE ORTOFOTO DIGITALI	50
3.9.1	Requisiti delle immagini primarie	50
3.9.2	Il modello altimetrico	50
3.9.3	Punti di appoggio (GCP) e di controllo (CP)	50
3.9.4	Generazione dell'ortofoto e mosaicatura	51
3.9.5	Verifiche sul prodotto finale	52
4	PRODUZIONE DI MODELLI ALTIMETRICI MEDIANTE TECNICHE LIDAR A GRANDE SCALA	54
4.1	CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE	54
4.2	CALIBRAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE	55
4.3	MATERIALE DI CONSEGNA DOPO IL VOLO	56
4.4	DEFINIZIONE DELLE QUOTE ORTOMETRICHE	57
4.5	FILTRAGGIO E CLASSIFICAZIONE	57
4.6	DATI ELABORATI E PRODOTTI FINALI DI CONSEGNA	58
4.7	VERIFICHE DI QUALITÀ	58
4.8	VERIFICHE DELL'ELABORAZIONE DEI DATI	59
5	PRESCRIZIONI TECNICHE PER IL RILIEVO CELERIMETRICO	60
5.1	INQUADRAMENTO GEODETICO PRELIMINARE	61
5.2	MODALITÀ DI ESECUZIONE DEL RILIEVO CELERIMETRICO E RELATIVO CONTENUTO CARTOGRAFICO	62
5.3	PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE AL RILIEVO CELERIMETRICO	64
6	RILIEVO GEOREFERENZIATO PER SEZIONI TRASVERSALI E PROFILI LONGITUDINALI	65
7	RILIEVI LASER SCANNER	67
7.1	REQUISITI TECNICI GENERALI DELLA STRUMENTAZIONE LASER SCANNER TERRESTRE PER IL RILIEVO DELLE OPERE D'ARTE STRADALI:	67



7.2	PRESCRIZIONI SULLA METODOLOGIA DI RILIEVO	68
7.3	PRESCRIZIONI SULLE IMPOSTAZIONI GENERALI	68
7.4	INQUADRAMENTO GEODETICO E RILIEVI CELERIMETRICI INTEGRATIVI	69
7.5	RETE DI CAPISALDI LOCALE ED INQUADRAMENTO NEL SISTEMA UTM	70
7.6	INTEGRAZIONE RILIEVO CON MODALITÀ CELERIMETRICA	71
7.7	ANALISI DEL DEGRADO	72
7.8	VERIFICHE DI CONFORMITÀ DEL DIRETTORE PER L'ESECUZIONE DEL CONTRATTO.	73
7.9	RILIEVI LASER SCANNER IN GALLERIA	74
7.9.1	Rilievi laser-scanner gallerie esistenti da eseguirsi in modalità dinamica.	74
7.9.2	Rilievi laser-scanner gallerie esistenti da eseguirsi in modalità statica.	77
7.9.3	Verifiche di conformità del Direttore per l'Esecuzione del Contratto.	81
8	RILIEVI BATIMETRICI	83
9	SOVRAPPOSIZIONI DELLE MAPPE CATASTALI	84
10	PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA REDAZIONE DEGLI ELABORATI	85
10.1	FILE DATI	86
10.1.1	File "DWG"	88
10.1.2	File "TXT"	89
10.2	PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA CODIFICA DELLA CARTOGRAFIA NUMERICA	99
10.2.1	Classi Cartografiche per la scala 1:10000	101
10.2.2	Classi Cartografiche per la scala 1:5000	111
10.2.3	Classi Cartografiche per la scala 1:2000	123
10.2.4	Classi Cartografiche per la scala 1:1000	134
10.3	PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLA CARTOGRAFIA	146
11	PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA CONSEGNA DEGLI ELABORATI	170
11.1	PROGRAMMAZIONE DEI LAVORI	171
11.2	VOLO E PRESA AEROFOTOGRAMMETRICA	171
11.3	RETE DI INQUADRAMENTO	171
11.4	RETE DI RAFFITTIMENTO	172
11.5	PUNTI FOTOGRAFICI DI APPOGGIO	172
11.6	RILIEVI CON TECNOLOGIA GPS	173
11.7	PUNTI FOTOGRAFICI DA TRIANGOLAZIONE AEREA	173
11.8	POLIGONALE	173
11.9	LIVELLAZIONE GEOMETRICA DI PRECISIONE	174
11.10	LIVELLAZIONE TECNICA	175
11.11	RESTITUZIONE E RICOGNIZIONE	175



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

11.12	FOGLI CARTOGRAFICI	176
11.13	RILIEVO CELERIMETRICO E PER SEZIONI TRASVERSALI	176
11.14	RILIEVI LASER SCANNER	177
11.15	RILIEVI BATIMETRICI	179
11.16	RILIEVI LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICI DA SAPR	179
12	RILIEVI LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICI DA SAPR	180
12.1	PROGETTAZIONE E PIANIFICAZIONE DELLE RIPRESE LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICHE	180
12.2	STRUMENTAZIONE	181
12.3	MISSIONE DI VOLO	181
12.4	TRATTAMENTO DEI DATI E MATERIALE AUSILIARIO	182



1 DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI

La cartografia, definita come rappresentazione su una superficie piana della superficie curva terrestre, costituisce la base sulla quale sviluppare le varie fasi progettuali individuate dalla normativa vigente, ed in particolare da:

- Legge n.109 del 11/2/1994 e Legge n.216 del 2/6/1995
- Norma C.N.R. n. 77 del 5/5/1980 "Istruzioni per la redazione dei progetti di strade"
- DECRETO LEGISLATIVO 27 gennaio 2010 , n. 32 . - Attuazione della direttiva 2007/2/CE, che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea (INSPIRE).
- DECRETO 10 novembre 2011 - Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei
- database geotopografici.- (Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37).
- DECRETO 10 novembre 2011 - Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei
- database geotopografici.- (Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37)- Allegato 1.
- DECRETO 10 novembre 2011 - Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei
- database geotopografici.- (Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37)- Allegato 2.
- DECRETO 10 novembre 2011 - Adozione del Sistema di riferimento geodetico nazionale.
- (Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37).
- DECRETO 10 novembre 2011 -Regole tecniche per la formazione, la documentazione e lo scambio di ortofoto digitali alla scala nominale 1:10000 - (Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37).
- DECRETO 10 novembre 2011 - Regole tecniche per la definizione del contenuto del Repertorio nazionale dei dati territoriali, nonché delle modalità di prima costituzione e di aggiornamento dello stesso.
- Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37).

La produzione degli elaborati cartografici, su supporto cartaceo e magnetico, comprende generalmente le seguenti attività:

- Presa aerofotogrammetrica ed approntamento del materiale fotografico.
- Controllo, inquadramento e raffittimento della rete geodetica comprendente la determinazione dei punti fotografici di appoggio, dei vertici trigonometrici e dei capisaldi di livellazione.



- Restituzione dei fotogrammi e produzione della minuta di restituzione.
- Ricognizione ed integrazione della minuta di restituzione con operazioni a terra.
- Disegno degli elaborati cartacei e produzione dei file numerici.

La Direzione per l'Esecuzione del Contratto si riserva la facoltà di effettuare le verifiche in corso d'opera sulla base delle prescrizioni contenute nel presente Capitolato.

2 PRESCRIZIONI TECNICHE PER IL RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO

2.1 ESECUZIONE DEI RILIEVI AEROFOTOGRAMMETRICI

Premesso che il servizio deve essere eseguito nel rispetto della normativa vigente e che l'Appaltatore dovrà provvedere all'espletamento di tutti gli adempimenti amministrativi ed autorizzativi per l'esecuzione dei voli di ripresa, per l'utilizzazione dei fotogrammi, per l'eventuale diffusione della cartografia, decreti prefettizi di accesso alle proprietà private, ecc., le fasi di esecuzione dei rilievi aerofotogrammetrici sono di norma le seguenti:

- Presa aerofotogrammetrica ed approntamento del materiale fotografico.
- Controllo, inquadramento e raffittimento della rete geodetica comprendente la determinazione dei punti fotografici di appoggio, dei vertici trigonometrici e dei capisaldi di livellazione.
- Restituzione dei fotogrammi e produzione della minuta di restituzione.
- Ricognizione ed integrazione della minuta di restituzione con operazioni a terra.
- Disegno degli elaborati cartacei e produzione dei file numerici.

Con almeno quindici giorni di anticipo sulla data di inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto il diagramma di Gant relativo alle fasi descritte in precedenza per garantire una adeguata programmazione delle attività.

L'Appaltatore è comunque tenuto a notificare tempestivamente alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto ogni variazione della programmazione ed a fornire la versione aggiornata del diagramma.

Resta inteso che gli eventuali controlli eseguiti nelle fasi intermedie non impegnano il Direttore per l'Esecuzione del Contratto ai fini dei controlli finali previsti nell'ultima fase dei lavori.

L'Appaltatore è anche tenuto a comunicare, almeno 15 giorni prima dell'inizio delle operazioni di campagna, l'esatto recapito della Squadra operativa, nonché la data di inizio e quella, presumibile, di fine delle operazioni stesse.



Lo stato di rettifica di tutte le apparecchiature impiegate, sia per i rilievi di campagna che per la restituzione, dovrà essere controllato prima dell'inizio effettivo dei lavori. La Direzione per l'Esecuzione del Contratto si riserva la facoltà di richiedere la verifica delle apparecchiature anche in corso d'opera.

L'approssimazione prevista per i risultati parziali o finali di tutti i calcoli topografici, qualunque sia la metodologia adottata, dovrà sempre garantire l'uguaglianza della terza cifra decimale per le misure lineari (espresse in metri) e la quarta cifra decimale per le misure angolari (espresse in gradi centesimali).

2.1.1 PRESCRIZIONI SULLE PROCEDURE DI CONTROLLO

Oltre ai controlli specificatamente previsti nelle seguenti prescrizioni per le singole fasi di lavoro, la Direzione per l'Esecuzione del Contratto si riserva la facoltà di eseguire, a suo insindacabile giudizio, i controlli che riterrà più opportuni sia nel corso dei lavori che ad ultimazione dei medesimi, scegliendo le zone da controllare sia per ubicazione che per estensione.

L'Appaltatore si impegna ed accetta che membri della Direzione per l'Esecuzione del Contratto possano accedere in qualsiasi momento nei locali dove si eseguono i lavori di restituzione e disegno cartografico o nelle zone dove sono in corso le operazioni topografiche all'aperto, per eseguire i controlli che saranno ritenuti opportuni.

Per l'esecuzione dei controlli stessi l'Appaltatore dovrà fornire la mano d'opera ausiliaria necessaria, nonché un'autovettura con autista attrezzata per il trasporto degli strumenti e del personale addetto ai controlli.

Nel caso di mancata osservanza delle prescrizioni esecutive da parte dell'Appaltatore, con particolare riguardo alla compilazione dei libretti di campagna, a misurazioni eseguite fuori tolleranza, ad omissione di particolari cartografici rilevanti, il relativo lavoro non sarà ritenuto accettabile e quindi dovrà essere ripetuto o corretto a tutta cura e spese dell'Appaltatore medesimo, senza che ciò possa costituire motivo di prolungamento del termine utile contrattuale; quanto sopra oltre all'applicazione delle eventuali penalità che siano stabilite nel contratto.

2.2 PRESA AEROFOTOGRAMMETRICA ED APPRONTAMENTO DEL MATERIALE FOTOGRAFICO

Le riprese aerofotogrammetriche dovranno essere eseguite a colori e dovranno garantire la copertura stereoscopica corretta di tutto il territorio da rilevare e dovranno avere i requisiti propri della tecnica più aggiornata per l'esecuzione dei rilievi aerofotogrammetrici. Non è ammesso l'utilizzo di voli fotogrammetrici antecedenti la data dell'incarico.

Prima di procedere alla ripresa aerea l'Appaltatore provvederà a redigere il progetto di volo tenendo conto che, nel caso di ripresa aerofotogrammetrica con camera di presa analogica:



- - la macchina da presa dovrà avere un formato utile della immagine non inferiore a cm 23x23.
- dal certificato di taratura della macchina da presa, rilasciato da laboratorio ritenuto idoneo da entrambi le parti e di data non anteriore a quattro anni, dovranno risultare i valori della distanza principale, le coordinate del punto principale rispetto al riferimento definito dalle marche e le curve di distorsione.
- Detto certificato dovrà specificare che:
 - la distanza principale è stata determinata con uno s.q.m non superiore a $\pm 10\mu$,
 - le coordinate del punto principale non distino dal punto d'incontro delle rette definite dalle marche di più di 0,03 mm,
 - la curva di distorsione risulti dalla media delle curve determinate sulle due diagonali,
 - le differenze per le curve di distorsione secondo le due diagonali non superino 5μ ,
 - il valore massimo della distorsione non superi i 10μ ,
 - il potere separatore dell'obiettivo non sia inferiore a 40 righe/mm entro il 50% della zona fotografata.
- Dovranno anche essere riportati i valori delle distanze fra le marche di riferimento allo scopo di poter valutare la deformazione della pellicola in due direzioni perpendicolari;
- - le quote relative di volo e la scala media dei fotogrammi dovranno essere compresi nei valori, della seguente tabella:
 - SCALA SCALA MEDIA QUOTA RELATIVA
 - CARTOGRAFICA FOTOGRAMMI DI VOLO
 - 1:1000 1:3500 \pm 1:5000 530 \pm 750
 - 1:2000 1:7000 \pm 1:9000 1050 \pm 1350
 - 1:5000 1:12000 \pm 1:16000 1800 \pm 2400
 - 1:10000 1:18000 \pm 1:25000 2700 \pm 3750

La Direzione per l'Esecuzione del Contratto ha facoltà di modificare, su richiesta documentata dell'Appaltatore, la quota di ripresa aerofotogrammetrica rispettando in ogni caso i limiti fissati dalla tabella precedente.

La ripresa aerofotogrammetrica dovrà essere effettuata in base alle seguenti prescrizioni:

- - i voli dovranno essere eseguiti per strisciate parallele per quanto possibile, rettilinee ed a quota costante.
- Le variazioni accidentali di sbandamento e di deriva tra un fotogramma e il successivo dovranno essere inferiori rispettivamente a 5 gradi e a 1,5/10 del formato della lastra; comunque tre valori angolari di orientamento di un fotogramma non devono superare i 5 gradi;
- - i fotogrammi lungo le strisciate dovranno avere un ricoprimento longitudinale del 60% con oscillazioni comprese entro il $\pm 5\%$; le strisciate parallele dovranno ricoprirsi



- trasversalmente fra loro per un'estesa compresa tra il 20% ed il 30%.
- Quando il terreno è molto accidentato il ricoprimento longitudinale potrà essere anche maggiore ma comunque in nessun caso dovrà superare il 70%.
 - Non dovranno esistere soluzioni di continuità nella copertura stereoscopica del territorio.
 - - i voli saranno eseguiti di norma nelle ore a cavallo del mezzogiorno e con altezza dei raggi solari non inferiore a 35 gradi. I fotogrammi dovranno presentarsi nitidi e privi di nubi. Le riprese dovranno essere fatte in modo da assicurare la massima visibilità del suolo.
 - - il materiale fotografico da usarsi dovrà essere delle migliori qualità in commercio. In particolare il supporto dovrà avere le migliori caratteristiche di indeformabilità (ad es. estar, policarbonato, tereftalato di polietilene); le qualità di finezza della grana e sensibilità della pellicola (15022 DIN) dovranno essere ottimali per i voli fotogrammetrici. Il contrasto dovrà avere un valore compreso fra 1 e 1,5.

Il progetto di volo, da sottoporre all'approvazione della Direzione per l'Esecuzione del Contratto, sarà redatto in scala 1:25000, riportandovi gli assi delle strisciate, le quote assolute e le quote relative per ogni strisciata.

Esso sarà corredato da due copie del suddetto piano, da una relazione nella quale verranno descritte le caratteristiche di tutte le apparecchiature da impiegare, e dal certificato di taratura originale della macchina da presa (o copia autenticata) di data non anteriore a due anni.

Nel caso di ripresa aerofotogrammetrica con camera di presa digitale si prescrive che:

- le riprese dovranno essere eseguite con camera digitale di tipo "Frame";
- nel certificato di taratura della camera metrica digitale, redatto in data non anteriore a due anni, devono essere indicati: la data di calibrazione e i parametri dell'immagine virtuale ad alta risoluzione ed a colori (focale, risoluzione, abbracciamento, punto principale e distorsione).
- il sistema di presa deve essere dotato di FMC (Forward Motion Compensation) o TDI (Time delay Intergration), per l'eliminazione del trascinamento (in particolare alle quote relative di volo più basse) ed è prescritto l'uso di dispositivi per la correzione della deriva durante il volo.
- Per l'acquisizione dei parametri angolari di orientamento esterno dei fotogrammi devono essere impiegati sistemi inerziali.
- la risoluzione radiometrica deve essere almeno pari a 12 bit per canale.

Di seguito si riportano i parametri fondamentali della presa aerofotogrammetrica con tecnologia digitale :



Livello	Prec. Quota (m)	Scala di rif. 1:	Fatt. molt	Scala Media	Variatz Amm. $\pm 10\%$	Scala min 1:	Scala max 1:	Obbligo FMC	Quota rel. volo media (m)	Quota rel. volo max (m)	Quota rel. volo min (m)
0	10,00	50000	1	50000	5000	55000	45000	no	7500	8250	6750
1	5,00	25000	1	25000	2500	27500	22500	no	3750	4125	3375
2	2,00	10000	2	20000	2000	22000	18000	no	3000	3300	2700
3	1,00	5000	3	15000	1500	16500	13500	no	2250	2475	2025
4	0,30	2000	4	8000	800	8800	7200	si	1200	1320	1080
5	0,15	1000	5	5000	500	5500	4500	si	750	825	675
6	0,30	2000	4	8000	800	8800	7200	si	1200	1320	1080
7	0,15	1000	5	5000	500	5500	4500	si	750	825	675
8	0,10	500	6	3000	300	3300	2700	si	450	495	405

Tabella 2.2.a- Parametri di volo in funzione del livello di modello altimetrico.

Livello	Prec. in quota (m)	GSD max (m)	GSD med (m)	GSD min (m)
0	10,00	1,06	0,85	0,75
1	5,00	0,53	0,42	0,37
2	2,00	0,42	0,34	0,30
3	1,00	0,32	0,25	0,22
4	0,30	0,17	0,14	0,12
5	0,15	0,11	0,08	0,07
6	0,30	0,17	0,14	0,12
7	0,15	0,11	0,08	0,07
8	0,10	0,06	0,05	0,04

Tabella 2.2.b – GSD da utilizzare nel caso di utilizzo della camera digitale.

La relazione tra livelli di modello altimetrico e la scala nominale della cartografia numerica è riassunta nella seguente tabella :



Livello modello altimetrico	Scala nominale carta numerica
0	1:50000
1	1:25000
2	1:10000
3	1:5000
4	1:2000
5	1:1000
6	1:2000
7	1:1000
8	1:500

Tabella 2.2.c – Relazione tra modello altimetrico e scala nominale della carta numerica.

Il territorio potrà essere suddiviso in blocchi omogenei costituiti da insiemi di strisciate parallele aventi di norma andamento con direzione ovest-est e viceversa. Strisciate con diversa direzione potranno essere realizzate per il completamento del blocco o dei blocchi di strisciate della copertura medesima.

Inoltre si prescrive che:

- - le variazioni, in valore assoluto, degli elementi angolari di orientamento dei fotogrammi adiacenti lungo ciascuna strisciata e dei valori assoluti degli angoli di orientamento non dovranno mai superare 5 gradi centesimali;
- - i fotogrammi consecutivi di una stessa strisciata, in zone pianeggianti e collinose, dovranno avere una sovrapposizione longitudinale del 60%, con oscillazioni comprese entro il 5% e valori di deriva trasversale non superiori al 10% del fotogramma;
- - la sovrapposizione longitudinale dei fotogrammi, fra fotogrammi consecutivi di una stessa strisciata può essere maggiore, ma in ogni caso non deve superare il 75% con oscillazioni comprese entro il 5%.
- - la sovrapposizione trasversale tra strisciate contigue non dovrà essere inferiore al 30% .
- - in ogni strisciata lo scostamento massimo del punto principale dell'asse della strisciata dall'asse della strisciata stessa, così come indicato sul piano di volo, non dovrà superare il 10% del lato del fotogramma in zone pianeggianti o collinose, ed il 5% in zone di montagna.
- - i voli dovranno essere eseguiti nelle ore a cavallo del mezzogiorno solare, in condizioni di raggi solari con elevazione non inferiore a 30°.
- - in nessun punto dovranno comunque presentarsi soluzioni di continuità nella copertura stereoscopica delle zone assoggettate a ripresa.
- - I fotogrammi dovranno presentarsi nitidi e privi di foschia, di nubi e/o ombre da esse riportate e, per quanto possibile, di copertura nevosa.
- - Le giornate non idonee all'esecuzione delle riprese dovranno essere giustificate con documentazione adeguata (METAR del più vicino aeroporto)
- - qualora siano riscontrate delle anomalie o delle lacune nella copertura aerofoto-



grammetrica stereoscopica del territorio da cartografare, le strisciate difettose dovranno essere replicate ex-novo. Gli eventuali rifacimenti dovranno essere comunque realizzati entro 20 giorni dalla data di esecuzione del volo principale.

- dovranno essere rese note la data e le ore di inizio e fine della ripresa di ogni strisciata; ed in particolare, per ogni fotogramma dovranno risultare registrate la data, l'ora e l'altimetria della presa fotografica

Il piano di Volo sarà redatto su base cartografica in scala adeguata (1:10000-1:50000) sul quale, per ogni strisciata, dovranno essere indicati:

- - l'asse della strisciata, con i limiti (inizio e fine) della copertura stereoscopica;
- - la sua codifica ipotizzata;
- - la quota assoluta e relativa di volo prevista;
- - la verifica dell'inclinazione dei raggi solari;
- - la posizione dei centri di presa;
- - il valore del GSD minimo e massimo.

Il progetto del piano di volo deve essere corredato da una relazione dettagliata nella quale vengono riportate le scelte operative effettuate, con particolare riferimento a :

- la strumentazione ausiliaria di navigazione posizionamento e assetto , la sua calibrazione e l'interfacciamento con la camera da presa;
- la disposizione dei ricevitori GPS a terra;
- la procedura di trattamento dei dati ausiliari.

Durante la ripresa è prescritto l'uso di un sistema integrato GPS/inerziale. Il sistema deve essere dotato di input fotogrammetrico capace di memorizzare, tramite opportuna interfaccia, un impulso emesso dalla camera all'istante di scatto. Quest'ultimo va determinato con incertezza non superiore a 0.001s.

L'acquisizione dei dati GPS deve essere eseguita con una frequenza di misura superiore o uguale a 1 Hertz (1 ciclo/sec), con ricezione continua di almeno 5 satelliti e GDOP non superiore a 5.

Il sistema inerziale per la determinazione dei parametri angolari di orientamento esterno di ciascun fotogramma deve essere caratterizzato da errore quadratico medio non superiore a :

- 0,005 gradi sessagesimali per α e β
- 0,008 gradi sessagesimali per K

L'Appaltatore dovrà fornire una relazione che illustri le modalità di misura impiegate per la determinazione, nel sistema immagine e con camera in assetto normale (ω , ϕ e κ nulli), delle compo-



nenti dei vettori congiungenti il centro di presa con il centro di fase dell'antenna GPS e con il centro di riferimento del sistema inerziale, indicando anche i relativi e.q.m.

In ogni caso le componenti planimetriche dei vettori suddetti non devono essere superiori a 0.50 m.

Nella relazione devono essere descritte anche le modalità di calibrazione del sistema inerziale e il trattamento dei dati.

Per la validità del volo di ripresa occorre che, per almeno il 90% dei fotogrammi, sia possibile ricostruire la posizione del centro di fase dell'antenna GPS e i parametri angolari di orientamento esterno all'istante di scatto.

In nessun caso è ammesso che risultino indeterminati per una strisciata di bordo di un blocco più di cinque fotogrammi consecutivi e più del 30% del totale dei fotogrammi che la compongono.

Durante le riprese devono essere attivati sul terreno almeno due ricevitori con le medesime caratteristiche di quello a bordo o utilizzate le stazioni permanenti disponibili sul territorio. Le distanze tra i ricevitori non devono essere inferiori a 10 km, mentre quella tra il vettore aereo ed il ricevitore più vicino non deve mai superare i 50 km. I due ricevitori devono essere in stazione su vertici di coordinate note nel sistema di riferimento definito dalla rete geodetica nazionale e ciascuno deve tracciare almeno 5 satelliti tra quelli ricevuti sull'aereo.

Le coordinate dei centri di presa nel sistema geodetico nazionale devono essere determinati con e.q.m. non superiori a 0,10 m per la scala 1:1000 e 0,25 per la scala 1:2000.

Dopo l'esecuzione del volo, l'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto la planimetria delle strisciate effettivamente eseguite, sui medesimi supporti e le stesse modalità prescritte per la consegna del progetto di volo, con l'aggiunta dell'indicazione del riquadro e l'annotazione del numero progressivo del fotogramma (rif. cap.6).

È fatto obbligo all'Appaltatore di adempiere a tutti gli obblighi di legge circa le autorizzazioni da richiedersi alle Autorità Militare e Civile. Inoltre egli dovrà sottoporre all'Autorità Militare le riprese eseguite secondo le norme da questa fissate per l'esame di riservatezza. È prescritto che tutta la corrispondenza tra l'Appaltatore e le suddette Autorità verrà inviata per conoscenza alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

2.2.1 PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE ALLA PRESA AEROFOTOGRAMMETRICA ED AP- PRONTAMENTO DEL MATERIALE FOTOGRAFICO

Nel caso di riprese aeree con camere analogiche, ad ultimazione delle attività previste per questa fase la Direzione per l'Esecuzione del Contratto effettuerà i controlli seguenti:



a) **si visioneranno tutti i fotogrammi e le relative diapositive**

- Criterio di verifica n.1:

i negativi dei fotogrammi e le relative diapositive necessarie per la restituzione devono essere uniformemente impressionati e sviluppati e risultare quindi utilizzabili ai fini della restituzione aerofotogrammetrica, cioè rispondano ai requisiti di nitidezza e di trasparenza dell'immagine, necessari per la buona visibilità dei particolari

- Criterio di verifica n.2:

i negativi dei fotogrammi e le relative diapositive non presentino rotture, abrasioni, graffiature e altre imperfezioni dipendenti da ombre occultatrici, nuvole, vibrazioni, difetti del vetro o del supporto della lastra, da bolle d'aria non eliminate in sede del trattamento di sviluppo;

- Criterio di verifica n.3:

la quota media di ciascuna strisciata sia prossima alla quota di volo preventivata o comunque non superiore di oltre il 15%

- Criterio di verifica n.4:

fra una strisciata e l'altra non esistano vuoti e siano stati ottenuti i ricoprimenti longitudinali e trasversali prescritti

- Criterio di verifica n.5:

lo sbandamento e la deriva non superino i massimi prescritti;

- Criterio di verifica n.6:

le copie positive su carta siano regolarmente eseguite ed adeguatamente nitide per poter essere usate nelle successive operazioni;

- Criterio di verifica n.7:

gli ingrandimenti siano nella scala prescritta, chiari, nitidi e senza sfocature o deformazioni delle immagini.

I fotogrammi che non soddisfino uno o più dei criteri suddetti, o che risultino affetti da altre evidenti imperfezioni (immagini multiple per trascinamento ed oscillazioni dell'aereo durante lo scatto) saranno scartati.

È facoltà della Direzione per l'Esecuzione del Contratto, nel caso che non ritenesse i fotogrammi idonei ad una buona restituzione, ordinare che la ripresa aerea venga ripetuta. Resta convenuto che tutti gli oneri relativi al nuovo volo sono a carico dell'Appaltatore.

Nel caso di riprese aerofotogrammetriche con camere metriche digitali:

- la verifica della continuità nella copertura stereoscopica del territorio, della corrispondenza fra strisciate eseguite, piano di volo e quadro d'unione delle strisciate. Durante questo controllo si verificherà altresì che almeno il 90% dei centri di presa GPS e dei parametri angolari di orientamento esterno siano stati determinati con successo (con alme-



no il 70% dei punti per ogni strisciata di bordo dei blocchi);

- il controllo della completezza e correttezza della documentazione richiesta e dei supporti informatici con i file di consegna;
- il controllo, per il 5% dei fotogrammi, che i valori di GSD rientrino nei limiti stabiliti;
- il controllo, per tutti i fotogrammi, dei ricoprimenti longitudinali e trasversali e della deriva;
- il controllo che i valori angolari di orientamento esterno di tutti i fotogrammi e le differenze di tali valori fra fotogrammi consecutivi rientrino nei limiti consentiti;
- il controllo che i contenuti delle immagini dei fotogrammi siano privi di nubi, ombre o altri difetti che compromettano la leggibilità del territorio;
- controlli a campione, mediante apertura delle stereocopie con stazione aerofotogrammetrica digitale di modelli scelti dalla committente, in numero pari ad almeno il 3% del totale, delle parallassi residue del modello, che non dovranno superare in nessun punto i 2 pixel.
- Il controllo verrà considerato favorevole quando non più del 3% degli elementi relativi alle caratteristiche geometriche delle riprese non rispettano i requisiti previsti.

Qualora i presupposti previsti dal comma precedente non fossero rispettati per un'area superiore al 3% di quella oggetto del servizio, l'Appaltatore dovrà ripetere le riprese relative alle strisciate interessate il primo giorno favorevole dopo la data di comunicazione da parte del Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

2.3 RETE GEODETICA DI INQUADRAMENTO

Per l'inquadramento geodetico della cartografia, per i punti di raffittimento o per gli allacci della poligonale, l'Appaltatore dovrà redigere un grafico in scala 1:25000 della rete planoaltimetrica dei punti trigonometrici I.G.M.I. esistenti ed utilizzabili, dopo avere provveduto a reperire i relativi elementi geodetici.

A tal fine l'Appaltatore richiederà all'Istituto Geografico Militare di Firenze, la verifica dei punti trigonometrici che ritiene di dover utilizzare per il suddetto inquadramento, con eventuale ricalcolo degli elementi planoaltimetrici dei punti medesimi. Potranno essere utilizzati soltanto i vertici trigonometrici I.G.M.I. del I, II e III ordine e della rete IGM95.

Nel caso che nella zona interessata dai rilievi non esistano vertici di I, II e III ordine o vertici della rete GPS IGM95, previa comunicazione scritta dell'Appaltatore, potrà essere eccezionalmente consentita dalla Direzione per l'Esecuzione del Contratto, per l'appoggio delle cartografie, l'utilizzazione di stazioni permanenti GPS, purchè queste facciano parte di una rete di stazioni certificate dall'Istituto Geografico Militare Italiano.

Le operazioni topografiche per il controllo dei punti della rete d'inquadramento devono essere eseguite con la stessa modalità di quelle previste per la determinazione di nuovi punti.



Per la determinazione di eventuali nuovi punti, in sostituzione di quelli I.G.M.I. scartati, occorrenti per la materializzazione della rete di inquadramento, saranno osservate le seguenti prescrizioni.

I nuovi punti, posti ad una distanza variabile secondo le necessità, dovranno consentire una buona visibilità sulla zona circostante ed essere ubicati su manufatti stabili nel tempo e sui quali sia possibile fare stazione in modo da rendere possibili le osservazioni dal centro.

Detti punti dovranno, inoltre, essere posti possibilmente al centro delle maglie formate dai vertici I.G.M.I. e verranno preferibilmente determinati mediante stelle di triangoli ben conformati e chiusi dei quali si misureranno tutti e tre gli angoli e tutte le distanze.

La stella dei triangoli si considererà ben conformata quando ciascun triangolo non abbia angoli minori di 30 gradi centesimali.

Qualora non risulti possibile la determinazione a stella, il punto potrà essere determinato con un complesso di triangoli chiusi che abbiano come vertice comune detto punto e come basi le congiungenti dei punti I.G.M.I. ubicati da una parte di esso. In tale caso il numero dei triangoli non dovrà essere inferiore a cinque o, in caso di assoluta deficiente visibilità, non inferiore a quattro. Anche in questi casi andranno misurati tutti gli angoli e tutte le distanze possibili, in modo da avere sempre misure sovrabbondanti utili per i calcoli di compensazione e per i controlli che la Direzione per l'Esecuzione del Contratto riterrà opportuno effettuare.

Gli angoli azimutali andranno determinati con il metodo delle osservazioni a strati eseguendo, da ciascuna stazione, almeno sei strati di letture. Se dalla medesima stazione si eseguissero successivamente osservazioni a strati riferite a diversi gruppi di punti, tali strati dovranno avere in comune almeno due punti per risultare collegati.

I vari strati saranno ridotti alla medesima origine e se ne medieranno i risultati, sempre che le differenze tra i loro valori non superino i quindici secondi centesimali.

Qualora le differenze eccedano i limiti anzidetti le osservazioni andranno ripetute.

La quota altimetrica del punto di nuova determinazione verrà ricavata con una livellazione trigonometrica, le osservazioni andranno riferite a tutti i punti trigonometrici I.G.M.I. visibili dal punto di stazione e saranno eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate, che verranno ripetute in ore differenti. Tali osservazioni zenitali, non inferiori a quattro strati per ogni quota da determinare, per essere mediabili non dovranno presentare scarti superiori ai 15 secondi centesimali.

Si eviterà, per quanto possibile, di osservare zenitalmente le visuali sfioranti il terreno o le cime degli alberi di zone boschive. Le quote finali calcolate dai vari punti trigonometrici saranno mediate se i risultati ottenuti dai diversi calcoli avranno fra loro uno scarto inferiore a \pm cm 8.

Le osservazioni azimutali e zenitali eseguite dalla stessa stazione saranno registrate insieme all'altezza strumentale sul piano di paragone del vertice di stazione, all'ora in cui le osservazioni sono state fatte, alla pressione atmosferica e alla temperatura.



Al termine delle attività l'Appaltatore dovrà consegnare la relazione di calcolo, la planimetria in scala 1:25000 contenente la rappresentazione schematica della Rete Geodetica (grafo di tutti i vertici), i libretti di campagna originali, le monografie di tutti i vertici e gli schemi delle operazioni topografiche eseguite (rif. Cap.6).

2.3.1 PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE ALLA RETE GEODETTICA DI INQUADRAMENTO

La Direzione per l'Esecuzione del Contratto potrà partecipare al controllo della rete di inquadramento, da effettuarsi, con misure dirette sul terreno, su tutti i vertici presi in esame.

La rete sarà ritenuta idonea quando la distanza D' tra i vertici contigui, ricavata dalle coordinate originarie, e la distanza D tra gli stessi vertici, ottenuta dalle misure di controllo, tenuto conto del modulo di deformazione della proiezione Gauss-Boaga, soddisfi la relazione:

$$| D'-D | \leq D/10000$$

Le distanze D e D' verranno indicate in metri ed i punti che non soddisfino la suddetta relazione saranno scartati.

2.4 RETE DI RAFFITTIMENTO

Dalla rete di inquadramento fondamentale si deriverà una rete di punti di raffittimento sia planimetrico che altimetrico il cui scopo sarà di permettere la determinazione dei punti fotografici di appoggio.

Detti vertici di raffittimento dovranno essere in numero sufficiente da permettere, di individuare un punto ogni:

- - 1,0 chilometri quadrati di superficie per la scala 1:1000,
- - 1,5 chilometri quadrati di superficie per la scala 1:2000,
- - 2,5 chilometri quadrati di superficie per la scala 1:5000,
- - 5 chilometri quadrati di superficie per la scala 1:10000.

In ogni caso, i vertici della rete di raffittimento dovranno essere almeno 4 (quattro), distribuiti sull'intera area da cartografare

I vertici della rete di raffittimento verranno preferibilmente determinati con strumentazione GPS, con la metodologia descritta al punto 2.6, viceversa con strumentazione tradizionale saranno determinati mediante intersezione multipla in avanti, collimandoli da almeno 4 punti di origine superiore in modo da ottenere tre triangoli aventi, a due a due, un lato in comune.



I lati dei triangoli non dovranno eccedere i 4-5 Km e l'angolo sul punto non dovrà essere inferiore a 40 né superiore a 140 gradi centesimali.

Pertanto l'Appaltatore redigerà un progetto di rete di raffittimento che sottoporrà alla preventiva approvazione della Direzione per l'Esecuzione del Contratto unitamente agli schemi operativi.

Tali operazioni non saranno effettuate soltanto se esiste una precedente rete di raffittimento eseguita dalla Direzione per l'Esecuzione del Contratto; in tal caso la Direzione medesima consegnerà all'Appaltatore le relative monografie e questi è tenuto, a sua cura e spese, alla verifica dei vertici; qualora occorra integrare tale rete di raffittimento per estenderla o perché alcuni vertici sono mancanti, le relative operazioni saranno contabilizzate con il relativo prezzo.

Le osservazioni azimutali verranno eseguite col metodo a strati effettuando 4 strati di osservazioni.

Le osservazioni azimutali di ciascuno strato saranno ridotte ad una stessa origine, unica per ciascuna stazione; le direzioni medie, rispetto all'origine e relative ad uno stesso punto, saranno mediate ove non presentino, tra i vari strati, differenze superiori a 15 secondi centesimali.

Qualora le differenze eccedano i limiti anzidetti le osservazioni andranno ripetute.

L'errore di chiusura angolare di ciascun triangolo della rete di raffittimento non dovrà eccedere i 10 secondi centesimali. La compensazione angolare di un triangolo in tolleranza sarà effettuata, ritenendo uguali i pesi dei tre angoli, assegnando a ciascuno di essi una correzione pari ad un terzo dell'errore di chiusura, cambiato di segno.

Qualora venisse usata, per il rilievo dei vertici della rete di raffittimento, la trilaterazione, la compensazione sarà eseguita con i metodi della teoria degli errori.

Il rilievo altimetrico della rete di raffittimento sarà effettuato con la livellazione trigonometrica e le letture zenitali saranno eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate.

Da ciascuna stazione si collimerà ad almeno 3 capisaldi della livellazione di precisione I.G.M.I. esistente nella zona (o di quella eseguita dall'Appaltatore), purché la distanza non superi 0,5 km, effettuando almeno due strati di lettura.

Qualora per particolari motivi dette distanze siano superiori al limite fissato, l'Appaltatore è tenuto a rispettare, per il rilievo altimetrico della rete di raffittimento, le stesse norme stabilite per la rete di inquadramento, con l'avvertenza che dovranno essere rispettate le tolleranze di seguito specificate.

La tolleranza planimetrica sui vertici della rete di raffittimento è fissata in \pm cm 5; quella altimetrica in $\frac{1}{4}$ della tolleranza stabilita per i punti quotati isolati della carta.

Al termine delle attività l'Appaltatore dovrà consegnare la relazione di calcolo, la planimetria in scala 1:25000 contenente la rappresentazione schematica della Rete di Raffittimento (grafo di tutti



i vertici), i libretti di campagna originali o i tabulati di calcolo, le monografie di tutti i vertici e gli schemi delle operazioni topografiche eseguite.

2.5 PUNTI FOTOGRAFICI D'APPOGGIO

Per l'orientamento assoluto del modello ottico del terreno si dovranno rilevare le coordinate planoaltimetriche di almeno quattro punti fotografici in ciascun modello e la quota di un punto al centro. I quattro punti d'appoggio determinati planoaltimetricamente dovranno essere ubicati in modo tale che la spezzata congiungente detti punti risulti esterna alla porzione di fotogramma da restituire.

Nel caso in cui, per la copertura della zona, occorresse effettuare il rilievo per strisciate parallele, i quattro punti d'appoggio dovranno essere ubicati al bordo dei modelli, possibilmente nelle zone di sovrapposizione laterale e longitudinale con i modelli adiacenti.

La natura dei punti fotografici di appoggio deve essere tale da permettere una sicura collimazione stereoscopica planoaltimetrica nella osservazione delle fotografie aeree e la loro posizione deve essere individuata su una serie di foto positive su carta utilizzata nelle operazioni di campagna.

I punti d'appoggio anzidetti potranno coincidere, previo consenso della Direzione per l'Esecuzione del Contratto, con i vertici della rete di inquadramento, di raffittimento o con i vertici della poligonale, purché questi coincidano con particolari in possesso delle predette qualità di individuazione stereoscopica sulle fotografie.

Il rilievo planimetrico di detti punti sarà effettuato appoggiandosi alla rete di inquadramento, di raffittimento o alla poligonale di rilievo con il metodo dell'intersezione in avanti, doppia o tripla, ovvero mediante intersezione laterale o triangolazione, secondo la conformazione del triangolo.

Nel caso dell'intersezione in avanti gli angoli nel punto da determinare non dovranno essere minori di 40 gradi centesimali; nel caso di intersezione laterale l'angolo sul punto non dovrà risultare inferiore a 25 gradi centesimali.

L'uso della intersezione all'indietro è ammesso solo quando vengono assunti quattro punti d'appoggio opportunamente disposti per una buona determinazione.

È consentita la determinazione planimetrica con il metodo dell'intersezione semplice o per azimut e distanza purché per le letture angolari siano eseguiti tre strati.

Il rilievo dei punti d'appoggio fotografici potrà essere eseguito sia con livellazione tecnica che con livellazione trigonometrica.

Nel secondo caso le osservazioni zenitali saranno effettuate con il metodo delle osservazioni coniugate, con almeno tre strati di lettura e collimando a punti di quota nota (vertici della poligonale



o della livellazione e di precisione già esistente nella zona o di quella eseguita dall'Appaltatore, purché non distanti più di 0,5 km).

La quota del punto al centro andrà invece ricavata con le norme stabilite per la livellazione di precisione se la restituzione è in scala 1:500 o 1:1000 e con le norme stabilite per la livellazione tecnica o tramite tecnologia GPS, utilizzando la metodologia di acquisizione in "Statico Rapido", facendo stazione sui vertici della poligonale di quota nota, se la restituzione è in scala 1:2000 o 1:5000.

La tolleranza planimetrica e altimetrica dei punti fotografici è fissata pari a $\frac{1}{2}$ di quella stabilita rispettivamente per le misure dirette e per i punti quotati isolati della carta.

Al termine delle attività l'Appaltatore consegnerà tutti i libretti di campagna originali o i tabulati di calcolo, le planimetrie in scala 1:25000 contenenti gli schemi operativi utilizzati per la determinazione dei punti, la stampa su carta di tutti i fotogrammi riportante la posizione dei punti fotografici d'appoggio e dei punti quota, le monografie di tutti i punti e la relazione di calcolo delle coordinate (rif. Cap.6).

Nel caso di utilizzo di riprese aeree con tecnologia digitale:

- I punti di appoggio dovranno essere opportunamente distribuiti sul territorio, ed in quantità tale da garantire almeno un punto ogni 10 modelli. Il numero dei punti di appoggio a terra andrà convenientemente aumentato nel caso in cui il lotto presenti notevoli e diffusi dislivelli orografici o abbia particolare forma irregolare.

- I punti di appoggio a terra dovranno permettere tutti una sicura collimazione stereoscopica plano-altimetrica.

- I punti di appoggio a terra potranno coincidere con vertici della rete di inquadramento o di raffittimento, purché

abbiano le dette proprietà di sicura identificazione stereoscopica.

- Le operazioni di misura sul terreno per la determinazione delle coordinate o della quota dei punti di appoggio per

la T.A. dovranno essere condotte in modo che ogni misura possa essere controllata

- Gli s.q.m. nella posizione plano-altimetrica di questi punti fotografici di appoggio dovranno comunque risultare

non superiori ai seguenti valori per la scala 1:1000, planimetria 0,15 m e altimetria 0,10 m ; per la scala 1:2000 , planimetria 0,25 m e altimetria 0,20 m;

Ciascun punto d'appoggio a terra sarà corredato da una monografia descrittiva, oggetto di consegna, che ne consenta il riconoscimento sui fotogrammi, direttamente o attraverso particolari ad esso collegati.



Delle monografie descrittive faranno parte i seguenti dati:

- codice o nome del punto;
- elemento cartografico di appartenenza;
- coordinate planimetriche (E ed N) e quota ortometrica (Q) del particolare fotografico
- foto a colori dell'elemento cartografico;
- schizzo planimetrico;
- data di esecuzione della monografia.

E' richiesta la determinazione di alcuni punti di verifica (check point), distribuiti sul territorio oggetto dell'appalto, in numero complessivamente non superiore al 20% dei punti di appoggio a terra.

Le coordinate di tali punti dovranno essere determinate con le stesse modalità di rilievo dei punti di appoggio a terra.

Essi verranno collimati in fase di T.A. e compresi nel calcolo di compensazione senza costituire vincolo, per verificare a posteriori le differenze fra le coordinate misurate e quelle derivanti dalla compensazione.

2.6 UTILIZZO DELLA TECNOLOGIA GPS

Per la fase di determinazione della rete di raffittimento e di appoggio è consentito l'impiego della tecnologia GPS a doppia frequenza, esclusivamente per il calcolo della rete planimetrica, con le seguenti prescrizioni generali:

- a) Il numero minimo di strumenti (a doppia frequenza) sia pari a due
- b) Utilizzo del metodo "statico", "pseudo-statico" o "statico-rapido, da concordare con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto
- c) Le misure devono costituire poligoni chiusi aventi un numero massimo di lati pari a 8
- d) All'interno di tali poligoni è previsto lo stazionamento su tutti i punti della rete IGM95, nonché il "riattacco" altimetrico ai capisaldi di livellazione concordati con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto, per una corretta definizione dei parametri di rototraslazione dal sistema WGS84 al sistema nazionale
- e) Il numero minimo di satelliti il cui segnale è contemporaneamente ricevuto dalle stazioni durante le misure è pari a quattro
- f) L'elevazione minima di tali satelliti sull'orizzontale deve essere non inferiore a 15 gradi sessagesimali



g) Durante le operazioni di misura il valore medio del rapporto segnale/rumore deve essere superiore ai minimi valori stabiliti dalle specifiche tecniche relative alla strumentazione in uso (in caso di non rispetto di tali valori andrà concordato con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto l'entità del prolungamento del tempo di misura)

h) L'intervallo di acquisizione dei dati satellitari è pari a 20 secondi nel caso di utilizzo del metodo "statico" o "pseudo-statico", e di 10 secondo nel caso di metodo statico-rapido.

In particolare, l'Appaltatore dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni, in funzione del metodo di misura adottato:

Metodo "statico":

- La contemporaneità delle osservazioni deve essere non inferiore a:
 - a) 30 minuti per lati di lunghezza inferiore a 15 km
 - b) 60 minuti per lati superiori a 15 km

Metodo "pseudo-statico":

- Le "baselines" devono avere una lunghezza inferiore a 10 km
- L'intervallo di riposizionamento deve essere compreso fra 50 e 110 minuti
- Lo stazionamento di tipo "itinerante" deve avere una durata compresa fra 5 e 10 minuti
- I satelliti osservati nella prima occupazione del vertice devono continuare ad essere osservati nelle sessioni di riposizionamento

Metodo "statico-rapido"

- La contemporaneità delle osservazioni deve essere non inferiore a:
 - a) 15 minuti per lati di lunghezza inferiore a 15 km
 - b) 30 minuti per lati superiori a 15 km

Il progetto della rete dovrà essere preventivamente sottoposto alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

I file creati da ogni sessione di lavoro devono essere consegnati alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto sia nel formato di uscita dello strumento di misura impiegato che nel formato RINEX 1.4 o versioni successive; dovranno inoltre essere consegnati i file in formato ASCII relativi alle singole "baselines", in un formato record documentato, contenenti necessariamente le seguenti informazioni (rif. Cap.6):



- 1) risultanze derivanti dalle “doppie” e “triple” differenze
- 2) la misura della “baseline” congiungente le due stazioni di osservazione, il relativo s.q.m. e la “ratio”
- 3) le differenze di latitudine, longitudine e quota sull'ellissoide WGS84 fra gli estremi della base
- 4) le coordinate latitudine, longitudine e quota di ciascun estremo della “baseline” ottenuti con le misure di “pseudorange”
- 5) l'azimut e l'elenco dei “bias” risolti

Il calcolo della compensazione dovrà mantenere fisse le coordinate WGS84 fornite dall'I.G.M.I. di uno dei punti IGM95 utilizzati, posizionato preferibilmente in prossimità del baricentro dell'area di intervento.

Prima di procedere alle successive fasi operative sono previsti i controlli “a”, “b” e “c” descritti al par. 2.5.2

Le successive fasi prevedono:

- 1) Calcolo dei sette parametri di rototraslazione dal sistema satellitare pseudoWGS84 al sistema nazionale Gauss-Boaga, mediante il metodo dei minimi quadrati (formule di Helmert o di Molodenski)
- 2) Applicazione dei parametri di rototraslazione alle coordinate WGS84 compensate di tutti i punti di raffittimento calcolati in modo da riferirsi al sistema nazionale
- 3) Materializzazione, su manufatti stabili, di tutti i punti di raffittimento calcolati, possibilmente in posizione tale da consentirne l'utilizzo in fase di triangolazione aerea.

I software richiesti per l'esecuzione dei calcoli sono essenzialmente dei seguenti tre tipi:

- per la riduzione dei dati grezzi (calcolo delle “baselines”) [normalmente fornito dalla casa costruttrice del ricevitore]
- per la compensazione delle “baselines” (basata sul principio dei minimi quadrati)
- per l'inquadramento della rete WGS 84 nel Sistema Nazionale



2.6.1 PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE ALL' UTILIZZO DELLA TECNOLOGIA GPS

Ad ultimazione delle attività previste per questa fase la Direzione per l'Esecuzione del Contratto effettuerà i controlli seguenti:

a) si analizza il valore medio del rapporto segnale/rumore registrato

- Criterio di verifica:

tale valore deve essere superiore ai minimi valori stabiliti dalle specifiche tecniche relative alla strumentazione in uso (in caso di non rispetto di tali valori andrà concordato con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto l'entità del prolungamento del tempo di misura)

b) si misurano gli scarti residui nelle singole componenti di ciascuna "baseline"

- Criterio di verifica:

Gli scarti residui nelle singole componenti di ciascuna "baseline" dovranno essere inferiori a 10 ppm. Tutte le misure che non rispettino tali condizioni dovranno essere ripetute.

c) Si dovrà verificare la congruenza della rete G.P.S. dell'I.G.M.I. con le coordinate WGS84 compensate di tutti i punti IGM95 utilizzati.

- Criterio di verifica:

Qualora gli scarti riscontrati risultino non accettabili la Direzione per l'Esecuzione del Contratto deciderà la rimozione dei vincoli di "fissità" dei punti IGM95 utilizzati.

2.7 PUNTI FOTOGRAFICI D'APPOGGIO DA TRIANGOLAZIONE AEREA

Per la determinazione delle coordinate dei punti fotografici è consentito il ricorso alla triangolazione aerea purché vengano rispettate le tolleranze prescritte.

Il metodo e le norme di esecuzione saranno concordati con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto prima dell'inizio dei lavori, tenendo presente che in questo caso valgono le seguenti norme particolari:

- devono essere rilevati almeno 15 punti planimetrici e 25 altimetrici ogni 50 modelli
- tra una strisciata e l'altra deve essere predisposto almeno un punto di connessione per ogni modello
- in ogni modello deve essere determinata, con la triangolazione aerea, la posizione di un punto ben individuabile sul terreno, da utilizzare per le operazioni di collaudo



- gli scarti quadratici medi delle posizioni planimetriche e altimetriche dei punti fotografici, risultanti dai calcoli di compensazione, devono essere inferiori ad un quarto della tolleranza stabilita rispettivamente per le distanze dirette e per le quote dei punti isolati della carta

Di norma dovrà essere eseguita una triangolazione analitica, tenendo presente che:

- il calcolo di compensazione delle strisciate e dei blocchi deve essere effettuato con un calcolatore elettronico, utilizzando programmi scelti in accordo con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto
- le discrepanze fra le coordinate dei punti di appoggio della strisciata o del blocco e le coordinate calcolate per gli stessi punti in base agli elementi della compensazione e le discrepanze calcolate per lo stesso punto di connessione di due strisciate adiacenti non debbono superare la metà del valore della tolleranza stabilita per i punti quotati.

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare una planimetria in scala 1:25000 (contenente l'indicazione della strisciata o del blocco, la posizione dei punti fotografici e i dati di compensazione), la stampa su carta di tutti i fotogrammi riportante la posizione dei punti fotografici d'appoggio dei modelli e della strisciata o del blocco, le monografie dei punti e la relazione di calcolo.

2.8 COORDINATE RETTILINEE

Per la rappresentazione in coordinate "rettilinee" dovrà essere scelto un metodo di calcolo che garantisca nel passaggio da rappresentazione ellissoidica a rappresentazione piana o "rettilinea" di una deformazione paragonabile agli "errori strumentali di misura". Dovrà essere eseguita una trasformazione da coordinate geografiche WGS84 ottenute dalla compensazione della rete intrinseca in coordinate piane, utilizzando come meridiano di origine quello baricentrico alla zona di lavoro.

Il coefficiente "c" di contrazione dovrà essere calcolato con riferimento alla quota media, al raggio della sfera locale ed alle costanti ellissoidiche.

Nella relazione di calcolo dovranno essere riportati i seguenti valori:

- latitudine e longitudine del punto baricentrico che darà origine al meridiano centrale;
- Valori di falsa Est e falsa Ovest
- Ampiezza in gradi della zona di calcolo
- Valore del coefficiente di contrazione "c"
- Quota media adottata



- Scarti del calcolo di rototraslazione rigida tra le coordinate rettilinee locali e le coordinate UTM dei vertici di inquadramento

2.9 POLIGONALE

2.9.1 POLIGONALE A LATI LUNGHİ

Per la poligonale planoaltimetrica a lati lunghi che potrà essere disposta dalla Direzione per l'Esecuzione del Contratto in alternativa alla rete di raffittimento di cui al precedente punto 2.4, si prescrive che i lati siano il più possibile di lunghezza costante e che i vertici costituenti i loro punti d'incontro siano ubicati su manufatti stabili nel tempo e tali da consentire la più ampia visuale possibile.

Il rilievo angolare sarà effettuato con il metodo delle osservazioni a strati, eseguendo da ogni stazione almeno tre o quattro strati di letture azimutali secondo le prescrizioni della Direzione per l'Esecuzione del Contratto. I vari strati forniranno i valori degli angoli che, per essere mediabili, non dovranno presentare uno scarto superiore a 20 secondi centesimali.

Le osservazioni che superino tale valore andranno ripetute.

L'angolo per l'orientamento del primo lato della poligonale sarà rilevato con il metodo delle direzioni isolate effettuando quattro letture la mattina e quattro il pomeriggio per eliminare l'errore di fase; le relative letture, per essere mediabili, devono avere uno scarto non superiore a 20 secondi centesimali.

L'orientamento anzidetto verrà determinato collimando, ove possibile, almeno a quattro punti trigonometrici della rete di inquadramento.

La posizione altimetrica dei vertici della poligonale dovrà essere ottenuta mediante livellazione trigonometrica nei seguenti modi:

- nel caso che nella zona interessata dai rilievi non esista una rete di livellazione I.G.M.I. od una livellazione eseguita in precedenza dovrà determinarsi il dislivello tra le successive coppie di punti con osservazioni zenitali, eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate, effettuando la collimazione reciproca e mediando successivamente i valori calcolati in andata e ritorno

- nel caso che nella zona interessata dal rilievo esistano le livellazioni citate al punto precedente e sia possibile la collimazione diretta al caposaldo, il rilievo altimetrico di ciascun vertice, appoggiato ai capisaldi della rete di livellazione purché posti ad una distanza non superiore ad 1 km, sarà eseguito con il metodo delle osservazioni zenitali coniugate, effettuando la collimazione reciproca e mediando i risultati



Per entrambi i casi da ogni stazione verranno eseguiti almeno tre strati di letture per ogni punto collimato e gli angoli zenitali ottenuti, per essere mediabili, non dovranno presentare uno scarto superiore a 20 secondi centesimali.

2.9.2 POLIGONALE A LATI CORTI

Per la poligonale planimetrica a lati corti, da prevedere per le scale 1:1000 e 1:2000, si prescrive che i vertici, intervallati con i capisaldi della livellazione (che potranno anche far parte della poligonale) siano ubicati sulla banchina della Statale (o Provinciale) esistente nella fascia di terreno da restituire. La distanza tra i vertici di detta poligonale sarà variabile in relazione alla necessità di stabilire la visuale di ogni singolo cippo da quelli contigui e di individuare tutti i rettili dell'infrastruttura esistente.

In corrispondenza delle gallerie esistenti la poligonale passerà all'esterno e, ove ciò non fosse possibile, potrà essere autorizzata l'esecuzione di una triangolazione sostitutiva di collegamento ed il rilievo potrà essere appoggiato anche a tale triangolazione, restando però stabilito che, per le eventuali triangolazioni sarà compensata la spezzata di percorso più breve che stabilisce la continuità della poligonale stessa tra i due imbocchi della galleria.

Inoltre in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie, se in rettilo, la poligonale dovrà avere un lato supplementare aperto, all'interno della galleria e parallelo al suo asse.

Nei tratti di poligonale eseguiti su terreno libero i cippi dovranno essere ubicati fuori dai terreni coltivati, possibilmente lungo i margini di strade o fossi, su manufatti, ecc., in modo che non possano essere facilmente rimossi; comunque la distanza fra due cippi successivi dovrà essere sempre inferiore ad 1 km.

Il rilievo angolare della poligonale dovrà essere eseguito con metodo delle osservazioni a strati, con le prescrizioni stabilite per la poligonale planoaltimetrica della classe di appartenenza.

Il rilievo lineare sarà eseguito avanti e indietro e i risultati, se compatibili, saranno mediati.

Per la riduzione all'orizzonte di dette misure dovranno essere rilevati gli angoli zenitali, effettuando almeno due strati di letture angolari.

La poligonale rimarrà aperta, nonostante il rilevante sviluppo in lunghezza, e perciò il calcolo di essa non sarà influenzato da correzioni per eventuali errori di chiusura su punti trigonometrici dell'Istituto Geografico Militare Italiano, in modo da non modificare le coordinate dei vertici.

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare i libretti di campagna originali o i tabulati di calcolo, le monografie di tutti i vertici della poligonale e dei punti trigonometrici I.G.M.I. di riferimento, la relativa planimetria in scala 1:25000, il profilo degli elementi della poligonale e la relativa relazione di calcolo.



2.9.3 PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE ALLA POLIGONALE

I controlli previsti per le Poligonali sono i seguenti:

a) Per la poligonale pianoaltimetrica a lati di lunghezza mediamente compresa fra 0,3 km ed 1 km

Posto: α	=	errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali
Δl	=	errore di chiusura lineare espresso in metri
n	=	numero dei vertici della poligonale
l	=	lunghezza dei lati espressa in metri
Σl	=	somma dei lati della poligonale espressa in metri

• Criterio di verifica:

La poligonale sarà ritenuta accettabile se entrambe le seguenti condizioni sono rispettate:

$$|\alpha| \leq 0,0030$$
$$|\Delta l| \leq [0,002 \sqrt{\Sigma l} + 0,0001 (\Sigma l) + 0,005]$$

b) Per la poligonale pianoaltimetrica a lati di lunghezza mediamente superiore a 1 km ed inferiore a 7 km

Posto:

α	=	errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali
rl	=	rapporto di accuratezza lineare
n	=	numero dei vertici della poligonale
Σl	=	somma dei lati della poligonale espressa in metri
ΔE e ΔN	=	differenze espresse in metri fra le coordinate Nord ed Est calcolate con la poligonale e le rispettive coordinate del punto trigonometrico desunte dalla monografia
A	=	10000 per la poligonale a lati lunghi mediamente da 0,3 km ad 1 km
A	=	30000 per la poligonale a lati lunghi mediamente da 1 km ad 3 km
A	=	60000 per la poligonale a lati lunghi mediamente da 3 km ad 5 km

• Criterio di verifica:



La poligonale sarà ritenuta accettabile se entrambe le seguenti condizioni sono rispettate:

$$| \square\square | \leq 0,0020$$

c) Ogni 10 chilometri circa, nonché all'inizio e alla fine della poligonale, dovranno essere eseguite le chiusure su punti trigonometrici I.G.M.I.

- Criterio di verifica:

La poligonale sarà ritenuta accettabile se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

$$| \square\square | \leq 0,0030$$

$$| \square | \leq [0,002 + 0,0001 (\square) + 0,005]$$

$$| \square z | \leq 40$$

dove:

n	=	numero dei vertici
$\square\square$	=	errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali
$\square $	=	errore di chiusura lineare espresso in metri
$\square z$	=	errore di chiusura altimetrico espresso in mm
l	=	lunghezza dei lati espressa in metri
D	=	distanza in km.

Gli eventuali errori altimetrici, se contenuti entro i limiti di tolleranza suddetti, saranno ripartiti secondo i metodi della teoria degli errori.

2.10 LIVELLAZIONE GEOMETRICA

2.10.1 LIVELLAZIONE GEOMETRICA DI PRECISIONE

La livellazione geometrica di precisione da effettuarsi per la realizzazione di nuove linee di livellazione anche lungo la poligonale sarà condotta con il metodo della livellazione con battute dal mezzo. In ogni stazione il livello dovrà trovarsi ad uguale distanza dalle due stadie, con approssimazione non superiore al metro, e la distanza tra lo strumento e la stadia non dovrà superare i 30 metri.

La misura del dislivello da caposaldo iniziale a caposaldo finale dovrà essere eseguita in andata e ritorno, in ore e giorni diversi. In ogni caso bisognerà evitare le ore calde o di foschia e le visuali radenti.



Qualora lungo il percorso della livellazione si trovassero più capisaldi I.G.M.I., la livellazione si svilupperà tra ciascuna coppia di capisaldi.

Comunque, la tolleranza tra caposaldo iniziale e finale di tutta la livellazione dovrà essere contenuta nel limite specificato al par.2.8.1.

Prima di collegare la livellazione con un caposaldo dell' I.G.M.I. è fatto obbligo all'Appaltatore di assicurarsi che la quota del caposaldo sia rimasta invariata nel tempo.

Il livello impiegato nella livellazione dovrà essere preferibilmente di tipo digitale o in alternativa meccanico con: micrometro per la misura diretta delle frazioni di parte della graduazione, ingrandimento dell'obiettivo non inferiore a 30X, livella con centramento a coincidenza e sensibilità non inferiore a 20" per 2 mm di spostamento o congegno autolivellante di precisione equivalente, stato di rettifica verificato prima dell'inizio dei lavori e tutte le volte che la Direzione per l'Esecuzione del Contratto lo richiederà espressamente.

Le coppie di stadie dovranno avere: codice a barre, graduazione "centimetrata" o "mezzo-centimetrata" su nastro di acciaio sottoposto a tensione costante, lunghezza in un unico pezzo, bolla che ne permetta la posa verticale con l'approssimazione di qualche primo, puntale d'appoggio su capisaldi sferici, piastra trasportabile per battute intermedie di peso e stabilità sufficiente, stato di rettifica e taratura verificati e documentati.

Con la livellazione si dovranno determinare due capisaldi per ogni chilometro di linea livellata, che potranno anche coincidere con i vertici della poligonale. Qualora non coincidano bisognerà fornire sia le coordinate rettilinee che quelle Gauss-Boaga di detti capisaldi.

Lungo i tratti delle esistenti infrastrutture stradali, quando la livellazione geometrica di precisione è finalizzata alla produzione di cartografie alle scale 1:1000 e 1:2000, dovranno essere rilevate e riportate sulla cartografia le quote del piano stradale in corrispondenza dei vertici della poligonale, delle opere d'arte, dei passaggi a livello, dei fabbricati, delle case cantoniere e dei cambi di livellata, in modo da poter ricostruire il reale andamento altimetrico dell'infrastruttura.

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare i libretti di campagna originali o i tabulati di calcolo, la planimetria di livellazione, il profilo, le monografie di tutti i capisaldi ricadenti nella zona interessata dal rilievo, la relazione di livellazione.

2.10.2 PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE ALLA LIVELLAZIONE GEOMETRICA DI PRECISIONE

La livellazione geometrica di precisione sarà sottoposta ai seguenti controlli:

a) Si determinano le quote misurate in andata ed in ritorno, per tutti i capisaldi utilizzati per la livellazione

- Criterio di verifica:



nel caso di linea di livellazione aperta, il dislivello medio non dovrà superare ± 5 mm

nel caso di linea di livellazione chiusa, l'errore di chiusura non dovrà superare
 $\pm 2,5$ mm

dove D è lo sviluppo della intera linea di livellazione espressa in km

Qualora il criterio non venga rispettato si dovrà ripetere la livellazione.

2.10.3 LIVELLAZIONE TECNICA

La livellazione tecnica per la realizzazione di nuove linee di livellazione, anche lungo la poligonale della relativa classe, sarà eseguita di norma solo per le restituzioni in scala 1:5000 e 1:10000. Con tale livellazione saranno determinate anche le quote assolute dei punti d'incrocio delle strade, dei passaggi a livello, delle opere d'arte lungo la statale esistente e del piano strada in corrispondenza delle opere d'arte.

Sarà eseguita con un livello fornito di bolla con centramento a coincidenza e sensibilità non inferiore a 30" per 2 mm di spostamento o dispositivo autolivellante equivalente, ingrandimento circa 25X, stato di rettifica controllato all'inizio dei lavori. Le coppie di stadia dovranno avere: graduazione centimetrata su legno o metallo preferibilmente di un pezzo unico, livella sferica per la posa verticale.

Le distanze tra strumento e stadia non dovranno superare gli 80 metri le battute saranno eseguite dal mezzo con ripetizione della misura in andata e ritorno. Dette misure potranno succedersi senza intervallo di tempo e con lo stesso operatore.

Prima di collegare i vertici della rete e della poligonale con un caposaldo di livellazione I.G.M.I. sarà necessario che l'Appaltatore si assicuri che la quota del caposaldo di riferimento sia rimasta invariata nel tempo.

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare i libretti di campagna originali, la planimetria di livellazione, il profilo, le monografie di tutti i capisaldi ricadenti nella zona interessata dal rilievo, la relazione di livellazione.

2.10.4 PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE ALLA LIVELLAZIONE TECNICA

La livellazione tecnica sarà sottoposta ai seguenti controlli:

a) Si determinano le quote misurate in andata ed in ritorno, per tutti i capisaldi utilizzati per la livellazione

• Criterio di verifica:

nel caso di linea di livellazione aperta, il dislivello medio non dovrà superare ± 18 mm



nel caso di linea di livellazione chiusa, l'errore di chiusura non dovrà superare ± 13 mm dove D è lo sviluppo della intera linea di livellazione espressa in km
Qualora il criterio non venga rispettato si dovrà ripetere la livellazione.

2.11 MATERIALIZZAZIONE DEI VERTICI

L'Affidatario del servizio dovrà materializzare i vertici di rete, inquadramento, raffittimento, livellazione o di poligonale, secondo le seguenti prescrizioni e garantendo che gli stessi mantengano nel tempo la stabilità necessaria per ogni categoria di vertice.

2.11.1 CENTRINI METALLICI

In linea generale, ANAS S.p.A. richiede la materializzazione di centrini metallici, ubicati esclusivamente su strutture stabili, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- Testa emisferica con raggio di 4 mm ed altezza emisferica di 4 mm con foro di riferimento per il centramento;
- Corona sommitale con spessore di 5 mm e diametro di 26 mm;
- Fusto filettato con altezza di 60 mm con filettatura standard di tipo "fischer" e diametro fusto di 9 mm;
- Rondella in acciaio con diametro foro di 9.5 mm
- Fissaggio con tassello metallico tipo "fischer" in foro con diametro di 10 mm, eventuale fissaggio con tassello chimico bicomponente

Nel prezzo di materializzazione dei centrini è altresì compreso e compensato anche l'onere per il ripristino dei centrini eseguiti in difformità alle prescrizioni contrattuali o delle indicazioni di ANAS S.p.A. o trovati mancanti, rimossi o comunque instabili durante le operazioni di controllo effettuate da ANAS S.p.A.

2.11.2 PILASTRINI IN CLS

In caso di aree in cui non sono presenti strutture stabili per il fissaggio dei centrini metallici, l'Affidatario dovrà realizzare appositi pilastri in cls aventi le seguenti caratteristiche minime:

- Pilastri in calcestruzzo eseguiti in opera con dimensioni di 30 x 30 cm, fondati direttamente nel terreno a profondità non inferiore a 50 cm, completi di centrini metallici a testa sferica



- Realizzati in conglomerato cementizio con faccia superiore convessa, compresa e compensata la fornitura e posa in opera dei casseri.
- Centrini metallici posti in opera al momento del getto del calcestruzzo

Nel prezzo di realizzazione dei pilastrini è altresì compreso e compensato anche l'onere per il ripristino dei pilastrini eseguiti in difformità alle prescrizioni contrattuali o delle indicazioni di ANAS S.p.A. o trovati mancanti, rimossi o comunque instabili durante le operazioni di controllo effettuate da ANAS S.p.A.

2.11.3 CHIODI SPARATI

E' consentito l'uso di "chiodi sparati" o picchetti in legno, soltanto nel caso in cui la segnalazione sia di carattere temporaneo (indicazione delle sezioni da rilevare, stazionamento temporaneo fuori centro)

Il ricorso ai "chiodi sparati" è consentito per la materializzazione di punti soltanto su manufatti in conglomerato cementizio che non presentino fenomeni di degrado, previa autorizzazione di ANAS S.p.A.

2.12 RESTITUZIONE DEI FOTOGRAMMI ED APPRONTAMENTO DELLA MINUTA DI RESTITUZIONE

La cartografia sarà inquadrata nella proiezione Gauss-Boaga nel sistema geodetico nazionale (ellissoide internazionale orientato a Roma Monte Mario) o nel sistema UTM e verrà disegnata di norma per le scale 1:5000 e 1:10000 con coordinate Gauss-Boaga o UTM nei fusi 32 o 33 e per le scale 1:500, 1:1000 e 1:2000 con coordinate "rettilinee".

In ogni caso, per le restituzioni in scala 1:2.000, la cartografia dovrà essere rappresentata sia in coordinate rettilinee che nel sistema cartografico indicato dal Direttore per l'Esecuzione del Contratto (UTM o Gauss Boaga).

L'Appaltatore, prima di iniziare il lavoro di restituzione, su richiesta della Direzione per l'Esecuzione del Contratto, dovrà comunicare i nominativi del personale addetto alla restituzione e con quali strumenti restitutori intende eseguire tale lavoro.

La Direzione per l'Esecuzione del Contratto si riserva la facoltà di accertare l'idoneità del personale e del restitutore. Comunque criterio fondamentale per la valutazione di idoneità del restitutore è quello della precisione altimetrica strumentale: gli errori in quota di origine strumentale non debbono superare in nessun punto del modello l'uno per diecimila della quota di volo.

L'accertamento dello stato di rettifica strumentale, eseguito mediante restituzione di reticoli, deve essere compiuto prima dell'inizio della restituzione con la partecipazione eventuale di



un incaricato della Direzione per l'Esecuzione del Contratto ed i documenti originali debbono essere trasmessi alla Direzione stessa.

Dalla restituzione di detti reticoli, compiuta secondo le modalità adeguate al tipo di restitutore, dovrà risultare che:

- gli s.q.m planimetrici m_x e m_y (calcolati dividendo lo s.q.m planimetrico sul modello per il numero degli ingrandimenti del modello stesso) siano contenuti:
 - per la restituzione in scala 1:1000 e 1:2000 entro 40;
 - per la restituzione in scala 1:5000 e 1:10000 entro 70;
- lo s.q.m altimetrico m_z (ottenuto come s.q.m in Z sul modello e diviso per la distanza di proiezione), espresso percentualmente alla quota di volo, sia contenuto:
 - per la restituzione in scala 1:1000 e 1:2000 entro 0,05‰,
 - per la restituzione in scala 1:5000 e 1:10000 entro 0,1‰.

Nel restitutore deve potersi correggere la distorsione se questa superi 0,01 mm

Le operazioni di orientamento relativo ed assoluto di ogni modello debbono essere compiute da un operatore esperto e secondo la prassi normale. Per ogni modello orientato dovrà essere compilata una scheda dalla quale risultino: le indicazioni relative ai fotogrammi utilizzati, gli elementi di orientamento strumentali delle due camere, la scala del modello, gli scarti in planimetria e quota su tutti i punti di appoggio interni al modello, la data di inizio e di fine della restituzione.

Gli scarti planimetrici sui punti di appoggio non dovranno in nessun caso superare 0,3 mm grafici, gli scarti altimetrici devono essere contenuti nella metà delle tolleranze cartografiche stabilite per i punti quotati isolati.

Qualora, malgrado ripetuti tentativi, non risulti possibile portare gli errori su di un punto d'appoggio entro i limiti predetti, si dovrà innanzi tutto ricercare la causa di tale fatto (errori di calcolo, di identificazione o altro), dopo di che, se le discrepanze sussistono, detto punto non dovrà essere utilizzato per l'orientamento assoluto del modello. Ove possibile dovrà essere reintegrato con un altro punto di appoggio.

L'operatore allo strumento restitutore dovrà possedere esperienza e abilità sufficiente per eseguire le operazioni di restituzione e di foto-interpretazione delle fotografie aeree.

Nel corso della restituzione l'operatore dovrà saltuariamente assicurarsi che siano rimasti inalterati l'orientamento esterno della coppia dei fotogrammi e "l'ingrandimento" iniziale tra il modello ottico e il foglio di disegno. Qualora risultino variati, dovrà provvedere alle necessarie rettifiche con le modalità richieste dai singoli tipi di restitutore.



Corretto l'orientamento esterno o l'ingrandimento, si dovrà tornare sul tracciamento planoaltimetrico eseguito procedendo a ritroso e sostituendo ad esso, fin dove occorra, un nuovo tracciamento.

Detti controlli andranno comunque eseguiti all'atto di ciascuna sospensione o ripresa del lavoro di restituzione e i singoli risultati ottenuti saranno trascritti in un apposito "Giornale di restituzione" che l'Appaltatore dovrà tenere nel locale ove si svolge il lavoro. Tale giornale dovrà essere consegnato alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto al termine della presente fase di lavoro.

L'Appaltatore è tenuto a permettere l'accesso di un incaricato della Direzione per l'Esecuzione del Contratto in qualsiasi momento ai locali ove si svolge la restituzione e a mettere a sua disposizione tutti i documenti relativi alle operazioni in corso che la Direzione per l'Esecuzione del Contratto stessa riterrà utile consultare.

Nella rappresentazione planimetrica saranno riportati tutti gli elementi di base del rilievo, tutte le particolarità topografiche e la nomenclatura, con speciale riguardo alle statali e alle relative opere d'arte, ai passaggi a livello, alle strade in genere, ai fabbricati, ai corsi d'acqua, ai canali e ai fossi, con rappresentazione convenzionale delle scarpate, degli argini e dei manufatti, così da avere l'esatta ed aggiornata raffigurazione planimetrica del terreno a mezzo del disegno e dei simboli di uso corrente che saranno sottoposti alla preventiva approvazione della Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

Le curve di livello saranno distinte in:

- Direttrici, con equidistanza pari a un duecentesimo del denominatore della scala cartografica e disegnate con una linea continua leggermente più marcata delle altre contraddistinte dal proprio valore metrico. Tale valore verrà sempre scritto con la base rivolta a valle e posizionato a cavallo della curva stessa che in quel tratto non sarà disegnata;
- Ordinarie, con equidistanza pari a un quinto di quella relativa alle curve direttrici e disegnate con una linea a tratto sottile;
- Ausiliarie, con equidistanza pari a un decimo di quella relativa alle curve direttrici e disegnate con linea a tratto sottile.

Le curve ausiliarie saranno usate quando, con l'equidistanza stabilita, non sia possibile esprimere tutte le irregolarità del terreno (cocuzzoli, selle, fossi, bruschi cambiamenti di pendio tra curva e curva).

Nelle zone in cui la determinazione dell'orografia risulti incerta per la presenza di fitta vegetazione le curve di livello saranno disegnate a tratti.

Esse comunque dovranno essere appoggiate ai saltuari vuoti presenti nell'arboratura, restituendo per un conveniente numero di punti le quote a terra.



Qualora la copertura sia eccezionalmente intensa e continua, tanto che la prassi indicata non risulti applicabile, verrà omesso il tracciamento delle curve di livello. In tale caso si avrà però cura di determinare al restitutore, e indicare in cartografia, le quote del maggior numero di punti a terra che possano essere osservati al restitutore secondo la prassi già indicata.

Le curve di livello non saranno tracciate in terreni uniformemente pianeggianti, con pendenza inferiore al 2%.

In questo caso si fornirà un numero di punti quotati atti a rappresentare il terreno stesso.

Di seguito sono elencate alcune prescrizioni generali riguardanti il contenuto delle planimetrie, il cui dettaglio è definito al punto 10 "Prescrizioni Tecniche per la Redazione degli Elaborati".

Le planimetrie in scala 1:10000 dovranno contenere:

- le curve di livello direttrici con equidistanza di m 50, quelle ordinarie con equidistanza di m 10 e le ausiliarie con equidistanza di m 5
- le quote di punti caratteristici del terreno
- almeno un punto quotato in media ogni 2 ettari, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione tecnica ogni 500 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote degli assi stradali rilevate mediante livellazione tecnica ogni 200 m circa, e in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, incroci stradali, opere d'arte, ecc.)
- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- tutti i vertici della rete di raffittimento, i punti fotografici d'appoggio, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote.

Le planimetrie in scala 1:5000 dovranno contenere:

- le curve di livello direttrici con equidistanza di m 25, quelle ordinarie con equidistanza di m 5, le ausiliarie con equidistanza di m 2,50
- le quote dei punti caratteristici del terreno



- almeno due punti quotati in media per ettaro, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione tecnica ogni 200 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote degli assi stradali rilevate mediante livellazione tecnica ogni 100 m circa, e in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, incroci stradali, opere d'arte, ecc.)
- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- tutti i vertici della rete di raffittimento, i punti fotografici d'appoggio, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote

Le planimetrie in scala 1:2000 dovranno contenere:

- le curve di livello direttrici con equidistanza di m 10, quelle ordinarie con equidistanza di m 2, le ausiliarie con equidistanza di m 1
- le quote dei punti caratteristici del terreno
- Il rilievo topografico dei cigli di tutte le strade di competenza di ANAS S.p.A. e di tutte le strade interessate dalla progettazione ed indicate nelle planimetrie che verranno preliminarmente consegnate all'Appaltatore. Dovranno essere rilevati i cigli di destra e di sinistra con rappresentazione di un punto ogni 20 m.
- almeno cinque punti quotati in media per ettaro, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 100 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote delle piattaforme stradali rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 50 m circa, e in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, incroci stradali, opere d'arte, ecc.)
- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- una quota sulla sommità di ciascun fabbricato (piano terrazzo di copertura o linea di gronda sui fabbricati coperti con tetti) in modo da poter desumere dalla cartografia le altezze dei fabbricati stessi



- tutti gli elementi base del rilievo, della poligonale e della livellazione, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- tutti i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote

Le planimetrie in scala 1:1000 dovranno contenere:

- le curve di livello direttrici con equidistanza di m 5, quelle ordinarie con equidistanza di m 1, le ausiliarie con equidistanza di m 0,50
- le quote dei punti caratteristici del terreno
- Il rilievo topografico dei cigli di tutte le strade di competenza di ANAS S.p.A. e di tutte le strade interessate dalla progettazione ed indicate nelle planimetrie che verranno preliminarmente consegnate all'Appaltatore. Dovranno essere rilevati i cigli di destra e di sinistra con rappresentazione di un punto ogni 10 m. il rilievo dei cigli dovrà essere effettuato con riferimento ad almeno 2 capisaldi (inizio e fine della tratta) aventi quota assegnata tramite livellazione geometrica di precisione.
- almeno dieci punti quotati in media per ettaro, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 50 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- una quota sulla sommità di ciascun fabbricato o parte di esso (piano terrazzo di copertura o linea di gronda sui fabbricati coperti con tetti) in modo da poter desumere, dalla cartografia, le altezze dei singoli corpi di fabbrica
- tutti gli elementi base del rilievo, della poligonale e della livellazione, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- tutti i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote

Le planimetrie in scala 1:500 dovranno contenere:

- le curve di livello direttrici con equidistanza pari a un duecentesimo del denominatore della scala, quelle ordinarie con equidistanza pari a un quinto di quella stabilita per le curve direttrici;



- le quote dei punti caratteristici del terreno
- Il rilievo topografico dei cigli di tutte le strade di competenza di ANAS S.p.A. e di tutte le strade interessate dalla progettazione ed indicate nelle planimetrie che verranno preliminarmente consegnate all'Appaltatore. Dovranno essere rilevati i cigli di destra e di sinistra con rappresentazione di un punto ogni 10 m. il rilievo dei cigli dovrà essere effettuato con riferimento ad almeno 2 capisaldi (inizio e fine della tratta) aventi quota assegnata tramite livellazione geometrica di precisione.
- almeno venti punti quotati in media per ettaro, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 20 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote delle piattaforme stradali rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 10 m circa, e in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, incroci stradali, opere d'arte, ecc.)
- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- tutte le entità con spessori e dimensioni superiori a 0.50 m
- una quota sulla sommità di ciascun fabbricato o parte di esso (piano terrazzo di copertura o linea di gronda sui fabbricati coperti con tetti) in modo da poter desumere, dalla cartografia, le altezze dei singoli corpi di fabbrica
- tutti gli elementi base del rilievo, della poligonale e della livellazione, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- tutti i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote

Nelle cartografie, in tutte le suddette scale, dovrà tenersi particolare riguardo alla rappresentazione del corpo stradale indicando anche le opere d'arte ecc., con le relative nomenclature.

In particolare, per le scale 1:500, 1:1000 e 1:2000, si prescrive che per le opere d'arte (esclusi i tombini di luce inferiore ai due metri) dovranno essere effettuate ricognizioni e misurazioni dirette sul posto in modo da rilevare (quando non sia possibile desumerlo dai fotogrammi) la luce delle opere e le altre eventuali particolarità da riportare sulle planimetrie.

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare la planimetria contenente la ripartizione e la numerazione dei fogli, i certificati originali (o copia autenticata) relativi allo



stato di rettifica degli strumenti utilizzati per la restituzione, il “Giornale di restituzione”, le minute di restituzione, il protocollo di restituzione.

2.13 RICOGNIZIONE ED INTEGRAZIONE DELLA MINUTA DI RESTITUZIONE CON OPERAZIONI A TERRA

L'integrazione metrica del rilievo riguarderà soprattutto i seguenti elementi:

- rilievo diretto sul terreno, a mezzo di operazioni topografiche ordinarie di precisione adeguata, in quelle zone rimaste defilate dalle ombre presenti sulle fotografie o mascherate da vegetazioni molto fitte
- inserimento, in posizione corretta, di elementi nuovi costruiti nel frattempo e, se necessario, delle costruzioni sotterranee interessate dalla fascia restituita
- misura dell'ampiezza delle grondaie dei tetti degli edifici allo scopo di correggere gli errori di restituzione relativamente alle dimensioni degli edifici (sgrondature)

Dal punto di vista qualitativo con la ricognizione si dovrà:

- inserire la toponomastica, ricavandola sia da documenti scritti, sia da informazioni dirette;
- riportare i limiti amministrativi (statali, regionali, provinciali, comunali ecc.) tramite documenti forniti dalle Amministrazioni
- indicare le colture e le specie arboree principali
- contrassegnare gli edifici pubblici, quelli di importanza essenziale per la comunità e quelli di interesse storico-artistico
- prendere nota degli elementi morfologici necessari per una corretta compilazione della carta
- classificazione delle strade e delle linee ferroviarie

Completata questa attività, prima di passare all'approntamento dell'originale di restituzione, l'Appaltatore procederà ad un controllo completo verificando, con i fotogrammi, le minute di restituzione, i brogliacci della ricognizione sul terreno, i calcoli della poligonale, quelli della livellazione, e l'originale della carta, che vi sia congruenza tra i punti quotati e le curve di livello e che non vi siano errori grossolani nelle quote.



Dalla minuta di restituzione, così verificata, otterrà "l'originale di restituzione", che dovrà essere nitido e preciso.

L'Appaltatore controllerà quindi che il disegno sia fedele rispetto alla minuta di restituzione e verificherà l'esattezza dei valori delle coordinate della parametratura, i toponimi, ecc.

2.14 PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE AI FOGLI CARTOGRAFICI

La Direzione per l'Esecuzione del Contratto sottoporrà a controllo, in campagna, i rilievi eseguiti, scegliendo a suo insindacabile giudizio le zone da controllare sia per ubicazione che per estensione. Per l'esecuzione di detti controlli, l'Appaltatore fornirà la mano d'opera ausiliaria necessaria e una autovettura con autista, attrezzata per il trasporto degli strumenti e del personale addetto ai controlli.

2.14.1 CONTROLLO PLANIMETRICO

Il controllo planimetrico della cartografia tracciata prevederà le seguenti fasi:

a) Si determina lo scostamento $|d' - D.S. |$ tra la distanza d' fra due punti misurata sulla cartografia e quella D fra i due punti stessi misurata direttamente sul terreno e ridotta nella scala S della carta

• Criterio di verifica:

$|d' - D.S. | \leq 0,3$ mm (e cioè non superiore all'approssimazione grafica) per misure effettuate tra asse dell'infrastruttura e punti notevoli dell'infrastruttura stessa (per es: marciapiedi, fabbricati, picchetti della poligonale, ecc.);

$|d' - D.S. | \leq (0,3 + d'/1000)$ mm per distanze tra due punti caratteristici inferiori a 300 mm sulla carta;

$|d' - D.S. | \leq 0,6$ mm per distanze tra due punti caratteristici superiori a 300 mm sulla carta.

b) Si leggono le coordinate di un punto caratteristico della carta e si confrontano con quelle calcolate a partire dai vertici della rete geodetica d'inquadramento

• Criterio di verifica:

dove:

$N'p, E'p$ = coordinate grafiche

Np, Ep = coordinate calcolate dai vertici della rete geodetica d'inquadramento

S = scala della carta



c) Si procede al nuovo tracciamento di particolari ben definiti, già tracciati con la coppia di fotogrammi montati nel restitutore.

- Criterio di verifica: gli scarti fra i due tracciamenti non devono superare il normale errore di graficismo (0,3 mm)

d) Si esegue un nuovo tracciamento di particolari ben definiti compresi nella zona marginale delle coppie in corso di lavoro e ricadenti anche nelle coppie contigue già tracciate

- Criterio di verifica: tra i due tracciamenti possono ammettersi scarti di entità di superiore al mezzo millimetro grafico, purché fuori dalla sede stradale

Nei quattro casi considerati, ove gli scarti superino i limiti sopraindicati, si stabiliranno le cause dell'errore e, se necessario, si dovranno apportare alla planimetria le rettifiche occorrenti.

2.14.2 CONTROLLO ALTIMETRICO

Il controllo altimetrico al restitutore dei punti quotati isolati e dei punti caratteristici (spalle di ponti, manufatti, piani stradali, eccetera) si effettuerà nella maniera seguente:

a) Si pone su alcuni punti quotati la marca e mediante la relativa lettura della quota strumentale, dopo aver accertato la perfetta collimazione in quota della marca sul modello ottico

- Criterio di verifica: fra la quota strumentale e quella indicata in cartografia è tollerato uno scarto non superiore a:

± m 0,05 per la scala 1:1000

± m 0,08 per la scala 1:1000

± m 0,16 per la scala 1:2000

± m 0,40 per la scala 1:5000

± m 0,80 per la scala 1:10000

b) Si determina la differenza massima fra le quote risultanti in un profilo rilevato direttamente sul terreno e quelle corrispondenti dedotte graficamente dalla cartografia lungo lo stesso profilo in corrispondenza delle curve di livello



- Criterio di verifica: fra le quote rilevate e quelle dedotte dalla cartografia è tollerato uno scarto non superiore a:

- ± cm 5 per la scala l:500

- ± cm 10 per la scala l:1000

- ± cm 20 per la scala l:2000

- ± cm 50 per la scala l:5000

- ± cm 100 per la scala l:10000

Per controllare il tracciamento dell'altimetria rappresentata mediante curve di livello (solo per pendenze medie superiori al 2%), si effettueranno le seguenti operazioni:

- a) si porrà la matita tracciante sopra un punto di una determinata curva di livello e si collegherà in quota con la marca del restitutore, il modello ottico del terreno nel punto corrispondente

- Criterio di verifica: la quota fornita al restitutore dovrebbe differire dalla quota della curva per uno scarto non superiore a:

- ± m 0,10 per la scala 1:500

- ± m 0,15 per la scala 1:1000

- ± m 0,30 per la scala 1:2000

- ± m 0,75 per la scala 1:5000

- ± m 1,50 per la scala 1:10000

- a) nelle zone dove la pendenza media del terreno è maggiore del 15% le curve di livello saranno controllate mediante un secondo tracciamento

- Criterio di verifica n.1: la differenza fra i due tracciamenti deve essere compresa nei 2/3 della striscia limitata da due curve contigue del tracciato originale.

- Criterio di verifica n.2: le tolleranze suddette non devono essere superate per oltre il 5% dello sviluppo totale approssimativo delle curve ritracciate, ferme restando le tolleranze cartografiche stabilite



L'esito dei controlli sarà ritenuto favorevole soltanto se in nessun tipo di verifica effettuata si superino i seguenti limiti.

Non sarà dichiarato accettabile il foglio in cui si trovino più di due punti fuori tolleranza o nel quale vi sia più di un errore grossolano in un'area di $10 (N / 1000)^2$ ettari, ove N è il denominatore della scala cartografica.

Si intende per errore grossolano planimetrico quello che in planimetria supera il doppio della tolleranza ammessa.

L'errore grossolano altimetrico è invece quello che in quota supera una volta e mezza la tolleranza ammessa.

Errore grossolano è considerato anche la mancanza di uno solo dei particolari planimetrici, quali ad esempio fabbricati, ponti, viadotti, muri di sostegno strade, ecc., la sua errata rappresentazione planimetrica o cifre anagrammate di quote.

I fogli dichiarati non accettabili saranno restituiti all'Appaltatore, il quale provvederà a proprie cura e spese alla loro totale verifica e rettifica; detti fogli saranno poi sottoposti dalla Direzione per l'Esecuzione del Contratto ad un secondo controllo, fatte salve le risultanze dell'accertamento della regolare esecuzione o del collaudo.

L'Appaltatore è tenuto ad effettuare tutte le necessarie rettifiche che emergessero dal suddetto controllo.

L'Appaltatore dovrà quindi presentare i fogli cartografici alle Autorità competenti per il rilascio dell'autorizzazione alla diffusione. Le eventuali modifiche richieste dovranno essere riportate dall'Appaltatore sugli originali cartografici.

3 GENERAZIONE DI ORTOFOTO, MODELLI ALTIMETRICI A GRANDE SCALA

3.1 SPECIFICHE TECNICHE GENERALI

Le tipologie di ortofoto considerate sono sostanzialmente 3:

- Tipo A: ortofoto orientate ad applicazioni prevalentemente cartografiche, distinte nei sottotipi:
 - A1: ortofoto ordinaria;
 - A2: ortofoto di precisione;
- Tipo B: ortofoto speditive per applicazioni prevalentemente tematiche e di comparazione con carte tecniche.



Le caratteristiche individuate per la maggioranza dei valori standard esposti sono identiche nei 3 gruppi (in tale caso si indica una sola caratteristica senza differenziazione tra le tipologie); qualora in base agli scopi specifici di applicazione delle ortofoto si sia ritenuto necessario differenziare i parametri, questi vengono dettagliati separatamente. In questa parte del documento si riportano le prescrizioni per la produzione delle ortofoto ordinarie alla scala nominale grande (1:5000, 1:2000) e grandissima (1:1000, 1:500).

3.2 SISTEMI DI RIFERIMENTO

Nella produzione delle ortofoto digitali si prevede l'utilizzo dei seguenti sistemi di riferimento e di coordinate:

- il sistema geodetico (datum) ETRS89 nella sua realizzazione ETRF2000 (epoca 2008.0) materializzato dalla Rete Dinamica Nazionale (RDN), con coordinate geodetiche Latitudine, Longitudine, Altezza ellissoidica riferite all'Ellissoide WGS84;
- la rappresentazione cartografica conforme UTM (coordinate cartografiche Est, Nord UTM-WGS84-ETRF2000).

Questo sistema di riferimento, detto "nativo", si utilizza nelle singole fasi di produzione quali l'acquisizione dei dati, il rilievo sul terreno, la Triangolazione Aerea. L'ortofoto, generata nel sistema di riferimento geodetico cartografico nativo, potrà essere successivamente sottoposta a passaggi in altri sistemi di riferimento, utilizzando i software e i grigliati di trasformazione.

3.3 TOLLERANZA PLANIMETRICA

Gli sqm planimetrici e le tolleranze planimetriche per le varie tipologie di ortofoto alle varie scale sono contenute in Tabella seguente.

Occorre puntualizzare che per le ortofoto ordinarie e speditive, sono state definite due tolleranze planimetriche determinate dal modello altimetrico utilizzato:

1. una prima tolleranza più restrittiva, legata ai punti al suolo;
2. una seconda tolleranza meno restrittiva (pari a 3 volte la tolleranza precedentemente definita) per i punti elevati rispetto al terreno come tetti di edifici, ponti, viadotti, tralicci e strutture artificiali analoghe.



Nel caso dell'ortofoto di precisione, invece, tutti gli elementi rappresentati (anche quelli rilevati rispetto al terreno) devono soddisfare le tolleranze cartografiche tradizionali.

L'errore di posizione di questi punti elevati rispetto alla superficie del terreno dipende sia dalla quota relativa dal terreno, sia dalla distanza dal centro del fotogramma.

3.4 RISOLUZIONE GEOMETRICA

La risoluzione geometrica, o spaziale, delle ortofoto è definita in base all'acuità visiva dell'occhio umano nella visione di una immagine digitale stampata alla scala nominale corretta, che corrisponde mediamente a 250-400 dpi.

Tale risoluzione per ortofoto digitali a grande e grandissima scala corrisponde alla dimensione del pixel al suolo (GSD, Ground Sample Distance) indicati nella seguente tabella:

In base alla tipologia di ortofoto considerata, si possono definire il valore minimo per la risoluzione a cui corrispondono i valori massimi del GSD visibili nella seguente tabella:

I valori di riferimento indicati in tabella sono tra quelli attualmente più in uso per grandi e grandissime scale in Italia e deve essere il riferimento corrente da adottare in applicazioni tematiche (tipo B).

I livelli inferiori della dimensione del pixel saranno adottati nel caso di esigenze specifiche di tipo cartografico.

3.5 RISOLUZIONE RADIOMETRICA

La risoluzione radiometrica è stabilita in funzione delle esigenze geometriche o tematiche dell'utilizzatore e della tipologia del dato spettrale (pancromatico, colore o multispettrale). I valori minimi di riferimento sono:

- 8 bit per pixel per le ortofoto B/N o pancromatiche, corrispondenti a 256 livelli di grigio. Questi valori radiometrici saranno rappresentati da una gamma di valori che va da 0 a 255, dove il valore 0 rappresenta il nero e il valore 255 il bianco; tutti i valori intermedi sono tonalità di variazione di grigi dal nero al bianco;
- 24 bit per pixel per le ortofoto a colori, ovvero 8 bit per ogni banda cromatica principale (3 bande RGB: Red, Green, Blue) corrispondenti a 256 livelli di intensità per ciascuna banda. Questi valori radiometrici per ogni banda saranno rappresentati da una gamma di valori che va da 0 a 255, dove il valore 0 rappresenta il valore minimo e 255 il valore di saturazione della banda con-



siderata (massima intensità); tutti i valori intermedi sono tonalità di variazione dal minimo al massimo;

- $n \times 8$ bit per pixel per le ortofoto multispettrali e iperspettrali, ovvero 8 bit per ogni banda radiometrica con n bande radiometriche utilizzate, corrispondenti a 256 livelli di intensità per ciascuna banda radiometrica, in analogia con le immagini a colori. Questi valori radiometrici per ogni banda saranno rappresentati da una gamma di valori che va da 0 a 255, dove il valore 0 rappresenta il valore minimo e 255 il valore di saturazione della banda considerata (massima intensità); tutti i valori intermedi sono tonalità di variazione dal minimo al massimo.

3.6 FORMATO DEI DATI DIGITALI

Per la fornitura delle ortofoto, a seguito di apposita autorizzazione da parte del Direttore per l'Esecuzione del Contratto, potranno essere utilizzati i seguenti formati standard:

- formato standard GeoTIFF nella versione Baseline. 2. il formato TIFF con associato il file di georeferenziazione avente stesso nome dell'immagine digitale ma estensione TFW;
- formato JPEG con associato il file di georeferenziazione avente stesso nome dell'immagine digitale ma estensione JGW;
- formato ECW (Enhanced Compression Wavelets);
- formato JPEG2000;
- formati BIL (Band interleaved by line), BIP (Band interleaved by pixel), BSQ (Band SeQuential).

3.7 DATA DEL RILIEVO

La data dell'ortofoto coinciderà con la data di acquisizione delle immagini digitali primarie (volo fotogrammetrico utilizzato o immagini da satellite) per la sua produzione.

E' necessario, altresì, indicare anche la data del modello altimetrico utilizzato che condiziona il contenuto metrico dell'ortofoto.

3.8 METADATI

Per la strutturazione delle informazioni inerenti i metadati si rinvia a quanto prescritto nel Decreto del 10 novembre 2011 "Regole tecniche per la definizione del contenuto del Repertorio nazionale dei dati territoriali, nonché delle modalità di prima costituzione e di aggiornamento dello stesso".



3.9 PRODUZIONE DELLE ORTOFOTO DIGITALI

3.9.1 REQUISITI DELLE IMMAGINI PRIMARIE

Le immagini necessarie alla produzione di ortofoto digitali possono provenire da acquisizione aerea (analogica o digitale) e da piattaforma satellitare ad altissima risoluzione.

Date le differenti specificità del processo di acquisizione a seconda che si tratti di immagini aeree o satellitari requisiti associati a tali differenti tipologie vengono definiti con emissione di distinta documentazione.

Occorre comunque seguire le seguenti regole:

- il GSD massimo delle immagini primarie (overo la dimensione massima del pixel delle immagini proiettato a terra) deve essere sempre minore di 4/5 della dimensione del pixel nell'ortofoto finale;
- per la memorizzazione delle immagini primarie non è ammesso alcun tipo di compressione del tipo lossy: esse dovranno quindi essere memorizzate in formato TIFF non compresso o con compressione lossless (ad es. LZW), nel formato lossless del JPEG2000 o in altri formati non compressi.

3.9.2 IL MODELLO ALTIMETRICO

Il modello altimetrico utilizzato per la produzione delle ortofoto viene individuato in modo coerente con il documento "Ortoimmagini 10k e modelli altimetrici – Linee guida".

La Tabella seguente individua il livello caratteristico del modello altimetrico da utilizzare nella produzione di ortofoto a grande scala in funzione della tipologia di ortofoto e delle caratteristiche delle immagini acquisite.

Il livello altimetrico se non specificato nella Tabella seguente deve essere inteso con un DEM. La specifica dei modelli densi (DDEM o DDSM) sono indicati nelle celle apposite della Tabella seguente, per la produzione di ortofoto di precisione o ortofoto ordinaria o speditiva in scala 1:500.

Per ciascuno di questi casi si rinvia a specifica prescrizione nei documenti inerenti i modelli altimetrici.

3.9.3 PUNTI DI APPOGGIO (GCP) E DI CONTROLLO (CP)

Per svolgere le operazioni di orientamento esterno delle immagini digitali primarie è necessario determinare un insieme di punti d'appoggio (GCP = Ground Control Point) e di controllo (CP =



Check Point). I risultati dell'orientamento esterno dipendono anche dalla precisione con cui tali punti sono stati determinati.

In particolare si prescrive che i GCP e i CP siano definiti secondo le precisioni planimetriche e altimetriche indicate in Tabella seguente.

In generale i GCP e i CP devono essere determinati mediante adeguate operazioni di rilievo topografico e geodetico sul terreno. Le precisioni stabilite per i punti d'appoggio sono uguali per le varie scale.

Nel caso di applicazioni speditive e/o tematiche (tipo B) per scale minori o uguali a 1:1000, è ammesso l'utilizzo di GCP e CP estratti da cartografia numerica preesistente a grande scala e comunque a una scala nominale adeguata con le precisioni indicate in Tabella: tali punti possono essere denominati MCP (Map Control Point).

3.9.4 GENERAZIONE DELL'ORTOFOTO E MOSAICATURA

L'ortorettifica deve essere realizzata adottando il modello altimetrico non sottoposto ad alcuna interpolazione preliminare.

Il metodo di ricampionamento delle immagini digitali da adottare può essere scelto tra l'interpolazione bilineare e la "convoluzione bicubica".

Qualora esistano delle significative variazioni di luminosità e contrasto tra fotogrammi adiacenti devono essere eseguite delle operazioni di stretching che omogeneizzino le radiometrie di fotogrammi da mosaicare. Tale operazione deve essere svolta in continuo su tutto il blocco in modo da determinare variazioni radiometriche variabili con continuità.

Nella produzione di ortofoto ordinaria o speditiva, la mosaicatura, effettuata attraverso la fase di assemblaggio dei dati digitali delle singole immagini allo scopo di ottenere le dimensioni stabilite per l'ortofoto, deve garantire la congruenza radiometrica e geometrica interna. Essa dovrà avvenire con l'istituzione di linee di taglio (cut line) che garantiscano la continuità degli elementi topografici tra i fotogrammi adiacenti e dovrà essere prodotta in formato vettoriale georiferito. Lo scostamento tra elementi geometrici corrispondenti a cavallo della linea di taglio non deve superare la tolleranza ammessa per l'ortofoto.

E' opportuno, in questa fase, scegliere le cut line tra linee naturali che delimitano il passaggio netto tra superfici ad elevata differenza radiometrica, consentendo quindi di mascherare l'abbinamento di immagini con diverse caratteristiche di luminosità e contrasto. Qualora non sia possibile eseguire tale scelta, le linee di sovrapposizione dovranno essere comunque individuate in modo da minimizzare le variazioni di tonalità.



In alcuni casi può essere applicato un filtraggio di smoothing lungo una predefinita fascia di sovrapposizione delle immagini al fine di rendere più omogeneo e graduale l'accostamento tra le immagini oggetto della mosaicatura. Tale miglioramento dei valori radiometrici deve essere localizzato e mirato esclusivamente a ridurre le differenze di tonalità nelle aree di unione tra le zone.

In fase di mosaicatura è opportuno l'utilizzo delle parti più centrali dei fotogrammi, che presentano in maniera meno evidente le deformazioni provocate dalle distorsioni d'altezza, in modo da garantire le tolleranze indicate in Tabella 1.

I manufatti a sviluppo verticale notevole (edifici, torri ecc.) sottoposti a forti distorsioni prospettiche, dovranno appartenere a un solo fotogramma.

Nel caso di ortofoto di precisione, è necessario utilizzare più fotogrammi sulla stessa zona in modo da recuperare tutte le informazioni possibili sul territorio rappresentato. In particolare, è necessario:

- per ogni porzione dell'ortofoto scegliere il fotogramma principale da cui estrarre la gran parte delle informazioni radiometriche;
- individuare le zone nascoste dagli edifici e dagli altri oggetti rialzati rispetto al terreno all'interno del fotogramma principale e procedere al loro riempimento, sfruttando i fotogrammi adiacenti che possono contenere immagini della stessa zona acquisite da centri di presa differenti;
- qualora non sia possibile ottenere le informazioni radiometriche sulle zone nascoste da nessun fotogramma, indicare queste parti di ortofoto con un colore predefinito a priori (per esempio bianco puro) che indica assenza di informazione.

Anche in questo caso, lo scostamento tra elementi geometrici corrispondenti estratti da differenti fotogrammi (per esempio a cavallo delle linee di separazione che delimitano le zone nascoste) non deve superare la tolleranza ammessa per l'ortofoto.

3.9.5 VERIFICHE SUL PRODOTTO FINALE

Sul prodotto finale si devono eseguire sostanzialmente le verifiche di:

- completezza: si valuta che le ortofoto fornite ricoprano l'area in oggetto, il formato dei dati sia corretto e leggibile, i metadati siano consistenti e corretti;
- contenuto: si verifica che il sistema di riferimento utilizzato, la dimensione e il taglio dei fogli siano corretti, la risoluzione geometrica e il contenuto radiometrico siano sufficienti;
- accuratezza: si controlla l'accuratezza del contenuto dell'ortofoto.



Quest'ultima verifica della qualità, da eseguire al termine della produzione come verifica dei risultati prodotti, si attua mediante la determinazione di una rete di punti di controllo (CP) caratterizzata da precisione più elevata rispetto ai dati da verificare e l'impiego di punti geodetici esistenti (punti o capisaldi fissi).

Questa rete di CP può essere realizzata con tecniche di rilievo diretto (stazione totale, misure GNSS, ...) che garantiscano precisioni di misura aventi accuratezza significativamente migliore (1 ordine di grandezza) rispetto alle tolleranze fissate

La verifica viene svolta su almeno il 5% dei fogli di ortofoto prodotti e dovrà coinvolgere per ogni foglio almeno:

- 20 dettagli planimetrici sul terreno;
- 20 particolari situati in posizione elevata.



4 PRODUZIONE DI MODELLI ALTIMETRICI MEDIANTE TECNICHE LIDAR A GRANDE SCALA

Ai fini del presente documento, il LiDAR è definito come un sistema laser aviotrasportato, installato a bordo di aerei o elicotteri, utilizzato per acquisire coordinate 3D di punti del terreno e di sue caratteristiche, siano esse naturali o artificiali. I sistemi LiDAR aviotrasportati comprendono un ricevitore GNSS, una Unità di Misura Inerziale (IMU) e un telemetro laser a scansione; sono poi necessarie stazioni GNSS a terra per il posizionamento differenziale.

Il sistema misura la distanza fra il laser e la superficie del terreno entro una striscia al di sotto del velivolo, la cui ampiezza dipende dalle finalità della missione e dalle densità e spaziatura che si desidera ottenere per i punti rilevati nonché da altri fattori.

La procedura per ottenere le coordinate 3D di un punto del terreno con LiDAR può essere divisa in due fasi principali:

- l'acquisizione dei dati da aeromobile (pianificazione del volo, approntamento delle stazioni di riferimento a terra, taratura del sistema, acquisizione dati vera e propria, elaborazione dei dati di navigazione);
- l'elaborazione dei punti laser rilevati, con applicazione di successivi filtri e classificazione dei punti del terreno (riduzione dei dati ed eliminazione dei punti rilevati su elementi non appartenenti al terreno, trasformazione delle coordinate nel sistema di riferimento prescelto, tenendo conto dell'ondulazione del geoide, interpolazione sulla griglia del DEM).

Inoltre la tecnologia LiDAR consente di ottenere direttamente anche il DSM per semplice interpolazione delle osservazioni, previa rimozione di eventuali errori grossolani (AIR point e LOW point).

4.1 CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE

I sensori utilizzati devono possedere i necessari requisiti di precisione, devono essere calibrati e testati in modo tale da garantire il raggiungimento dell'accuratezza prevista per ciascun prodotto.

Lo scanner laser installato a bordo dell'aeromobile dovrà avere:

- potenza conforme alle norme di sicurezza ovvero tali da garantire la salvaguardia della salute umana;
- capacità di registrare più distanze per ogni singolo impulso laser al fine di discriminare le altezze del terreno in presenza di coperture arboree e vegetali;
- capacità di registrare il valore di intensità del segnale di ritorno da utilizzarsi quale ulteriore parametro per la classificazione dei punti.



Il rilievo sarà effettuato oltre che con la strumentazione di bordo (GNSS – IMU), con almeno 3 ricevitori GNSS, di classe geodetica, posizionati a terra su punti noti o comunque determinabili nel sistema di riferimento adottato con precisione non inferiore a ± 5 cm, con frequenza di registrazione pari almeno a una misura al secondo (1 Hz). È ammesso l'uso di Virtual RINEX generato da rete RTK in uno o più punti baricentrici rispetto alla zona del rilievo.

Le stazioni GNSS di riferimento a terra dovranno trovarsi a meno di 50 km dall'aeromobile e garantire la ricezione del segnale da almeno cinque satelliti intercettati contemporaneamente dal sistema GNSS a bordo dell'aeromobile.

Le stazioni a terra potranno coincidere con:

- stazioni di reti permanenti regionali o nazionali;
- vertici della rete geodetica fondamentale (attualmente IGM95) o suoi raffittimenti regionali;
- vertici di raffittimento, ottenuti mediante posizionamento rispetto alle reti di stazioni permanenti o tramite collegamento almeno a tre vertici appartenenti alla rete geodetica fondamentale (IGM95) o a suoi raffittimenti regionali.

Gli aeromobili utilizzati devono essere adeguati ad operare alle quote di progetto, risultare idonei a garantire le specifiche richieste in termini di densità, distribuzione e accuratezza dei punti quotati acquisiti con il sensore LiDAR e devono essere regolarmente abilitati alla specifica attività.

4.2 CALIBRAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

La strumentazione deve essere calibrata durante l'esecuzione di ciascun "blocco" di rilievo mediante l'utilizzo di aree-test.

Tali aree dovranno essere pianeggianti, contenere sia spazi aperti (ad es. piazzali, parcheggi, campi da calcio,...) sia fabbricati grandi e regolari (ad esempio edifici industriali), che presentino particolari chiaramente individuabili in corrispondenza di variazioni brusche di pendenza (spigoli). In ogni caso saranno scelte in modo tale che su di esse sia garantita un'alta precisione della misura delle quote. Nelle aree-test verranno effettuate, preventivamente alla calibrazione, rilievi a terra di punti di controllo sul terreno (GCP) con strumentazione che garantisca un'accuratezza significativamente superiore a quella del rilievo LiDAR (ad esempio misure GNSS con ricevitori di classe geodetica). In fase di acquisizione del dato, tali aree-test verranno utilizzate per verificare la stabilità della calibrazione dei sensori e l'eliminazione o la riduzione di eventuali errori sistematici.

Le analisi statistiche relative ai confronti tra dati LiDAR e dati acquisiti a terra dovranno essere rese disponibili e dovranno essere segnalate eventuali correzioni di errori sistematici.



4.3 MATERIALE DI CONSEGNA DOPO IL VOLO

Eseguito il volo dovranno essere consegnati, per la valutazione della qualità del rilievo, una relazione tecnica con la descrizione e la documentazione completa delle operazioni svolte, tutti i dati accessori utilizzati per il raggiungimento del risultato finale atteso e i prodotti finali di consegna.

Nella relazione dovranno essere inoltre riportate tutte le eventuali criticità riscontrate nella fase del volo e nelle successive elaborazioni. I grafici e le carte allegati saranno consegnati anche in un formato GIS da concordare con il Direttore per l'Esecuzione del Contratto.

In particolare essa dovrà contenere:

- L'autocertificazione scritta sui seguenti punti:
 - o che non si sono verificati problemi tecnici durante i voli per l'acquisizione dei dati;
 - o che i dati non sono affetti da bias; durante il rilievo non si sono verificate variazioni anomale dei parametri di assetto dell'aeromobile
 - o che le aree rilevate non presentano alcuna discontinuità.
- i grafici con l'interasse e l'ingombro delle strisciate e i dati dei voli;
- il rapporto di volo;
- le monografie dei punti e le coordinate dei rilievi effettuati a terra (incluse le aree-test e altre eventualmente ritenute necessarie), la documentazione relativa alla determinazione delle stazioni GNSS di riferimento e le loro monografie;
- i risultati dei confronti 3D tra i punti rilevati con il LiDAR e le aree-test e opportune analisi statistiche (valori minimo, massimo, media, sqm) sugli stessi: (disponibili anche in formato di foglio di calcolo elettronico);
- i file in formato RINEX relativi alle misure GNSS acquisite dai ricevitori di riferimento e dal ricevitore a bordo e la documentazione del processo di elaborazione;
- i file (in formato ascii) relativi alle misure IMU;
- tutti i dati e le elaborazioni, anche ai fini del controllo di qualità, compreso il corretto funzionamento dei sistemi di posizionamento satellitare sia a bordo dell'aeromobile sia delle stazioni a terra e i valori di PDOP; in particolare saranno consegnati:
 - o il grafico con l'andamento del PDOP;
 - o la tabella (in formato di foglio di calcolo elettronico) e il grafico del confronto tra le diverse (e almeno tre) soluzioni per la traiettoria, per ogni coordinata (anche nel caso di soluzione di rete)
 - o il grafico relativo alla modalità di determinazione delle ambiguità, ovvero se sono state fissate intere o reali;



o il grafico delle coperture satellitari sulle stazioni GNSS di riferimento e sul ricevitore dell'aeromobile.

- il grafico e il tabulato in formato di foglio di calcolo elettronico con il ricoprimento trasversale tra le varie strisciate;
- i dati acquisiti in formato LAS o LAZ (LASer common data exchange format, vedi).

4.4 DEFINIZIONE DELLE QUOTE ORTOMETRICHE

La georeferenziazione dell'aeromobile e, conseguentemente, dei punti rilevati deve essere riferita al sistema di riferimento adottato per la produzione delle cartografie.

Inoltre, le quote ellissoidiche devono essere trasformate in quote ortometriche in base al modello di geoide (ITALGEO) più recente (attualmente ITALGEO2005), messo a disposizione dall'Istituto Geografico Militare.

Qualora i dati siano richiesti anche in altri sistemi geodetici – cartografici utilizzati in ambito nazionale (ROMA1940, ED1950), le trasformazioni dovranno essere eseguite con la metodologia e gli strumenti messi a disposizione dall'Istituto Geografico Militare (procedura Verto, nella versione più recente).

4.5 FILTRAGGIO E CLASSIFICAZIONE

Tra i prodotti oggetto di consegna, l'esecutore del rilievo deve fornire il modello digitale del terreno, ottenuto per interpolazione dalle sole quote del terreno nudo; deve pertanto eliminare dai dati LiDAR i punti rilevati su ponti, edifici e altre strutture e quelli sulla vegetazione.

Tale operazione prende il nome di filtraggio e classificazione e consiste nell'assegnazione dei punti della nuvola LiDAR ad almeno 3 categorie. Innanzitutto si dovranno separare le classi terreno e non terreno e, in seguito, i punti non terreno dovranno essere classificati in vegetazione e artefatti.

In questa fase dovranno essere individuati e indicati con una categoria apposita i punti che risultino, in base a test statistici, errori grossolani. Un possibile approccio a questo riguardo è l'utilizzazione di un'interpolazione polinomiale localizzata (funzioni spline) con passo ampio (indicativamente 30-50 m) e l'analisi delle differenze tra valori interpolati e valori rilevati. Una differenza significativa (tale valore dipendente fortemente dalla morfologia del terreno) può essere indicatrice di un possibile dato anomalo.

Dovranno essere consegnati in questa fase



- relazione sulle procedure e software utilizzati per la rimozione degli errori grossolani e per il filtraggio, contenente anche l'indicazione di eventuali criticità riscontrate;
- test e verifiche eseguite dall'esecutore del rilievo per verificare la bontà del risultato ottenuto;
- i file contenenti le coordinate planimetriche, le quote ortometriche, il valore dell'intensità e il codice di classificazione.

4.6 DATI ELABORATI E PRODOTTI FINALI DI CONSEGNA

Dovranno essere consegnati in questa fase:

- relazione sulle procedure e software utilizzati per il calcolo dei prodotti finali di consegna, contenente anche l'indicazione di eventuali criticità riscontrate;
- il DSM – primo ritorno: è il grigliato regolare ottenuto dai dati grezzi del rilievo, opportunamente filtrati, selezionati (rimozione degli errori grossolani) e interpolati per rappresentare l'andamento della superficie (primo ritorno);
- DSM – ultimo ritorno: è il grigliato regolare ottenuto dai dati grezzi del rilievo, opportunamente filtrati, selezionati (rimozione degli errori grossolani) e interpolati per rappresentare l'andamento della superficie (ultimo impulso);
- DTM: è il grigliato regolare ottenuto per interpolazione dalle quote corrispondenti all'ultimo ritorno dei soli punti terreno (con esclusione quindi dei punti corrispondenti a errori grossolani, artefatti e vegetazione).

4.7 VERIFICHE DI QUALITÀ

Le verifiche di qualità devono essere svolte per quanto riguarda le due fasi principali del processo di produzione del modello altimetrico: la fase di acquisizione dei dati mediante volo LiDAR e la fase di filtraggio e classificazione.

VERIFICA DEL VOLO

Al termine del volo LiDAR, i dati grezzi devono essere consegnati secondo le specifiche definite in . E' necessario verificare:

- la calibrazione pre-volo effettuata sulle aree test deve essere correttamente svolta al fine di permettere la determinazione di eventuali sistematismi presenti;
- le acquisizioni della strumentazione GNSS-IMU devono permettere un corretto posizionamento cinematico del velivolo entro le accuratèzze stabilite. In particolare occorre analizzare:



- o la bontà delle configurazioni satellitari del ricevitore GNSS posto sul velivolo e dei 3 ricevitori a terra: coperture satellitari con almeno 5 satelliti e andamento del PDOP con valori sempre minori di 5;
- o la correttezza del posizionamento: le posizioni devono essere determinate sempre ad ambiguità fissata ad un intero per la gran parte del percorso (almeno il 95%) e occorre confrontare le 3 traiettorie indipendentemente determinate con le 3 stazioni GNSS permanenti a terra e quella derivante dall'elaborazione congiunta GNSS-IMU. Le differenze tra queste traiettorie permette di valutare la congruenza tra le acquisizioni effettuate (che deve essere sufficiente per soddisfare le accuratèzze previste) e di scegliere infine la soluzione ottimale;
- la congruenza tra strisciate adiacenti nelle zone di ricoprimento: è necessario che le strisciate adiacenti si sovrappongano di almeno il 20% della loro larghezza media.
- la densità di acquisizione (numero di punti posizionati per ogni cella della griglia corrispondente al prodotto finale) e la completezza mediante la carta corrispondente.

4.8 VERIFICHE DELL'ELABORAZIONE DEI DATI

In questa fase si devono eseguire i seguenti controlli:

- La correttezza dell'applicazione del più recente modello di geoide messo a disposizione dall'IGM per la determinazione delle quote ortometriche;
- L'efficacia della classificazione della nuvola di punti;
- Verifica della presenza di errori grossolani



5 PRESCRIZIONI TECNICHE PER IL RILIEVO CELERIMETRICO

Si prescrive un rilievo celerimetrico nei seguenti casi:

- in prossimità dell'innesto delle opere d'arte principali previste nel progetto
- in corrispondenza di opere d'arte esistenti da modificare e/o inserire nella cartografia
- in corrispondenza di aree da modificare e/o inserire in cartografia

Il rilievo effettuato con il metodo celerimetrico dovrà essere idoneo ad una restituzione in scala 1:500 o 1:200.

La posizione dei punti di stazione dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- la reciproca distanza non sia superiore a 300 m (se in numero >1)
- siano reciprocamente visibili (se in numero >1)
- ne siano note le coordinate Est, Nord, Quota slm
- il terreno da rilevare sia chiaramente visibile, cioè privo di "zone d'ombra"
- le apparecchiature topografiche di misura non subiscano alterazioni significative durante la fase di restituzione

Prima dell'inizio delle operazioni di campagna è previsto un controllo della strumentazione, con modalità da concordare da entrambi le parti.

La Direzione per l'Esecuzione del Contratto si riserva di chiedere all'Appaltatore la presentazione dei certificati di rettifica della strumentazione, rilasciati da laboratori ritenuti idonei dalle due parti.

Dovrà essere redatta una versione "vestita" bidimensionale, da stampare su carta, avente le caratteristiche tipiche della cartografia in scala 1:500 ed 1:200 ed i contenuti di cui in seguito, ed una versione "non vestita" tridimensionale da consegnare esclusivamente su supporto informatico (file DWG) che dovrà avere caratteristiche idonee per l'estrazione delle sezioni trasversali con qualsiasi interasse ed orientamento.

Ai fini della progettazione esecutiva di dettaglio, ogni elemento lineare o poligonale dovrà essere rappresentato con polilinea 3D per il piede per la sommità e per l'eventuale larghezza o spessore.

ANAS S.p.A. ha la facoltà di scegliere la tecnologia o la strumentazione da impiegare nello svolgimento delle attività topografiche sopraelencate, come ad esempio ricorrere all'uso di Stazioni Totali, GPS o Laser Scanner, in ogni caso il Referente Tecnico individuato da



ANAS S.p.A. dovrà essere informato preliminarmente sulla scelta relativa alla tipologia di strumentazione ed avrà facoltà di veto sulle scelte effettuate.

Si intendono incluse nel contratto tutte le prestazioni necessarie a fornire gli elaborati specialistici e di dettaglio richiesti nei tempi contrattuali e secondo i migliori standard.

Qualora necessario, ANAS S.p.A. metterà a disposizione dell'Appaltatore il materiale di supporto per la predisposizione degli elaborati richiesti. Rimangono inoltre a carico dell'Appaltatore tutte le spese necessarie per fornire le prestazioni richieste quali, ad esempio, quelle per copie di revisione, materiali, spostamenti, ecc.

5.1 INQUADRAMENTO GEODETICO PRELIMINARE

L'Appaltatore dovrà istituire, sul territorio oggetto della progettazione, almeno 4 (quattro) vertici tridimensionali da materializzare su strutture stabili per ogni area oggetto di rilievo.

I vertici della rete di inquadramento dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- Borchie con testa emisferica e riferimento per il centramento ottico in acciaio inox;
- Rondella in acciaio inox, con diametro minimo di 60 mm indicante il numero di codice del vertice tramite punzonatura;

L'inquadramento dei vertici dovrà avvenire tramite utilizzo contemporaneo di almeno 2 ricevitori geodetici GPS a doppia frequenza, da utilizzarsi esclusivamente in modalità statica e con riferimento ad almeno 2 (due) vertici della rete geodetica IGM95.

La trasformazione delle coordinate WGS84 dovrà essere eseguita esclusivamente tramite utilizzo del software Verto dell'IGM dotato del relativo grigliato di trasformazione, si dovrà altresì effettuare un controllo delle quote geoidiche calcolate con rilievo diretto di almeno 2 capisaldi di livellazione della linea di alta precisione dell'IGM più vicina all'area oggetto di rilievo, se disponibile.

Per ogni caposaldo dovrà essere redatta una monografia contenente le seguenti informazioni in un'unica pagina in formato A4:

- Indicazione dell'accesso al vertice;
- Indicazioni sulla materializzazione;
- Schizzo monografico;
- Fotografia panoramica a colori;
- Particolare dello schizzo monografico con min. 3 riferimenti planimetrici con misure;



- Coordinate nei sistemi:
 - o WGS84 Geografiche – Roma 40 Geografiche – ED50 Geografiche – Gauss Boaga Piane – UTM-WGS Piane – quota ellissoidica – quota geoidica.

5.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE DEL RILIEVO CELERIMETRICO E RELATIVO CONTENUTO CARTOGRAFICO

Il rilievo celerimetrico commissionato dovrà essere utilizzato per attività di progettazione esecutiva e di dettaglio, quindi dovrà contenere tutte le informazioni necessarie ai progettisti per il corretto dimensionamento di ogni parte d'opera, a tal fine di seguito verranno elencati i contenuti delle cartografie da restituire e le tolleranze delle stesse.

In particolare dovranno essere rilevate le seguenti entità:

discontinuità del terreno;

- viabilità distinta per categorie;
- limiti amministrativi;
- orografia (scarpate, rocce);
- topografia (vertici di rete, capisaldi);
- edifici, manufatti ed opere d'arte di qualsiasi genere (con un numero di quote sufficiente alla loro definizione);
- ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia, etc. (con un numero di quote sufficiente alla loro definizione);
- muri di sostegno (con quote testa/piede);
- muri divisorii (con quote testa/piede), recinzioni, staccionate;
- marciapiedi (con quote testa/piede), limiti pavimentazione;
- viabilità: strade asfaltate, strade sterrate, barriere, ferrovie, tranvie;
- impianti: tombini, botole, armadietti, caditoie, griglie, etc.;
- pali di illuminazione, di linee elettriche e telefoniche;
- acquedotti fognature e gasdotti;
- vegetazione: filari di alberi, alberi isolati, limiti di zone boschive, limiti colture e siepi;
- quant'altro di interesse progettuale nell'area oggetto di intervento.



In ogni caso, il rilievo è finalizzato all'acquisizione della completa e dettagliata conoscenza dello stato dei luoghi.

Ogni tipologia rappresentata dovrà essere contenuta in un layer avente codice specifico così come indicato nelle prescrizioni tecniche per la redazione degli elaborati grafici.

Le planimetrie in scala 1:500 dovranno contenere:

- le curve di livello direttrici con equidistanza pari a un duecentesimo del denominatore della scala, quelle ordinarie con equidistanza pari a un quinto di quella stabilita per le curve direttrici;
- le quote dei punti caratteristici del terreno
- Il rilievo topografico dei cigli di tutte le strade di competenza di ANAS S.p.A. e di tutte le strade interessate dalla progettazione ed indicate nelle planimetrie che verranno preliminarmente consegnate all'Appaltatore. Dovranno essere rilevati i cigli di destra e di sinistra con rappresentazione di un punto ogni 10 m. il rilievo dei cigli dovrà essere effettuato con riferimento ad almeno 2 capisaldi (inizio e fine della tratta) aventi quota assegnata tramite livellazione geometrica di precisione.
- almeno venti punti quotati in media per ettaro, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 20 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote delle piattaforme stradali rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 10 m circa, e in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, incroci stradali, opere d'arte, ecc.)
- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- tutte le entità con spessori e dimensioni superiori a 0.50 m
- una quota sulla sommità di ciascun fabbricato o parte di esso (piano terrazzo di copertura o linea di gronda sui fabbricati coperti con tetti) in modo da poter desumere, dalla cartografia, le altezze dei singoli corpi di fabbrica
- tutti gli elementi base del rilievo, della poligonale e della livellazione, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- tutti i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote



Le planimetrie in scala 1:200 dovranno contenere:

- Curve di livello direttrici con equidistanza di 1 m;
- Curve di livello intermedie con equidistanza di 0.25 m;
- Le quote dei punti caratteristici del terreno;
- Il rilievo topografico dei cigli di tutte le strade di competenza di ANAS S.p.A. e di tutte le strade interessate dalla progettazione ed indicate nelle planimetrie che verranno preliminarmente consegnate all'Appaltatore. Dovranno essere rilevati i cigli di destra e di sinistra con rappresentazione di un punto ogni 5 m. il rilievo dei cigli dovrà essere effettuato con riferimento ad almeno 2 capisaldi (inizio e fine della tratta) aventi quota assegnata tramite livellazione geometrica di precisione.
- Cinquanta punti per ogni Ha di superficie rappresentata, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello;
- Le quote del piano del ferro della ferrovia esistente con distanza minima di 10 m;
- Le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti ecc.;
- Una quota in sommità ad ogni fabbricato o parte di esso (piano terrazzo di copertura o linea di gronda sui fabbricati coperti con tetti), in modo da potere desumere, dalla restituzione, le altezze dei singoli corpi di fabbrica;
- Tutti gli elementi di base del rilievo (poligonale, capisaldi, IGM95 ecc.);
- tutte le entità con spessori e dimensioni superiori a 0.25 m

Tutte le opere d'arte esistenti con rappresentazione del piede e della testa con polilinee 3D;

In un apposito layer dovrà essere contenuto il modello matematico di tipo TIN dell'area rilevata e le linee di discontinuità utilizzate per la creazione dello stesso.

5.3 PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE AL RILIEVO CELERIMETRICO

I controlli previsti in relazione al Rilievo celerimetrico sono i seguenti:



a) Si confrontano le coordinate planimetriche di un punto caratteristico della carta con quelle del medesimo punto rilevate direttamente

- Criterio di verifica:
Per la scala 1:500: | TP | \pm 10 cm
Per la scala 1:200: | TP | \pm 5 cm
dove TP è la tolleranza planimetrica

b) Si confrontano le coordinate altimetriche di un punto caratteristico della carta con quelle del medesimo punto rilevate direttamente

- Criterio di verifica:
Per la scala 1:500: | TA | \pm 3 cm

Per la scala 1:200: | TA | \pm 1 cm
dove TA è la tolleranza altimetrica

Per l'esecuzione dei controlli stessi l'Appaltatore dovrà fornire la mano d'opera ausiliaria necessaria, nonché un'autovettura con autista attrezzata per il trasporto degli strumenti e del personale addetto ai controlli.

Nel caso di mancata osservanza delle prescrizioni esecutive da parte dell'Appaltatore, con particolare riguardo alla registrazione dei dati sui libretti di campagna o sui tabulati di calcolo, a misurazioni eseguite fuori tolleranza, ad omissione di particolari cartografici rilevanti, il relativo lavoro non sarà ritenuto accettabile e quindi dovrà essere ripetuto o corretto a tutta cura e spese dell'Appaltatore medesimo, senza che ciò possa costituire motivo di prolungamento del termine utile contrattuale; quanto sopra oltre all'applicazione delle eventuali penalità che siano stabilite nel contratto.

6 RILIEVO GEOREFERENZIATO PER SEZIONI TRASVERSALI E PROFILI LONGITUDINALI

Trattasi di attività di indagine, per elaborazione di sezioni trasversali e profili longitudinali di alvei fluviali o fossi, finalizzata all'acquisizione della completa e dettagliata conoscenza dello stato dei luoghi.

In particolare dovranno essere eseguite le seguenti attività:

- rilievo celerimetrico del terreno (strade, sponde, argini e fondo alveo) e di punti intermedi alle sezioni (incluse le quote di briglie, pile di ponti o in generale di opere interferenti rispetto alla linea di sezione);



- restituzione in formato DWG secondo le specifiche di rappresentazione previste, della planimetria in scala appropriata di tutti gli elementi rilevati, delle linee di sezione numerate e dell'asse del profilo;
- estrazione e vestizione sezioni trasversali in scala appropriata, con l'indicazione di distanze parziali, progressive e quota terreno;

La posizione delle estremità delle sezioni, verrà materializzata sul terreno tramite tondini di ferro. Detti tondini saranno adeguatamente sporgenti dal terreno e verniciati di colore intenso per facilitarne il ritrovamento.

Le sezioni si estenderanno per oltre 20 m circa dal ciglio esterno della piattaforma stradale.

Le stazioni di rilievo saranno possibilmente poste sulla linea d'asse della sezione stessa o ad un suo estremo, in caso contrario esse saranno materializzate come i punti terminali delle sezioni.

In ogni caso, le stazioni di rilievo potranno essere più di una e non necessariamente visibili tra di loro.

Tutti i punti di stazione debbono essere collegati plano-altimetricamente con la poligonale a lati corti effettuata per il rilievo aerofotogrammetrico relativo alla cartografia in scala 1:1000 o appositamente realizzata.

Tale collegamento deve avvenire tramite procedura di intersezione in avanti facendo stazione su due vertici della poligonale, ogni qual volta le condizioni di visibilità lo permettano e la distanza tra i due vertici non superi i 500 metri; negli altri casi il collegamento va sviluppato svolgendo una poligonale aperta vincolata con estremi su due vertici della poligonale suddetta.

Per ogni punto di stazione deve essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee a permettere di rintracciarne la posizione, corredata di uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul terreno.

I punti da rilevare dovranno essere scelti in modo tale da registrare ogni variazione dell'andamento altimetrico del terreno compatibilmente con la scala del rilievo (variazione in centimetri pari a $N/10$ dove N è uguale al denominatore della scala di restituzione).

Le sezioni trasversali, numerate progressivamente, vanno disegnate in scala 1:200, secondo le convenzioni correnti, riferendole ad un sistema cartesiano la cui origine si trovi sulla verticale per l'asse e sulla traccia di un piano orizzontale posto a quota di 5 metri inferiore alla quota minima registrata per uno qualsiasi dei punti della sezione in progetto o del terreno rilevato. Tali sezioni andranno memorizzate su supporto ottico o magnetico, in formato DWG e ASCII.



Qualora le sezioni costituiscano l'integrazione di un rilievo aerofotogrammetrico o celerimetrico dell'area considerata la loro posizione dovrà essere indicata nella relativa cartografia.

7 RILIEVI LASER SCANNER

La tecnologia laser Scanner 3D può essere adottata sia per il rilievo geometrico o difettologico delle opere d'arte che per il rilievo di versanti rocciosi.

L'impiego di tale tecnologia per scopi differenti rispetto a quanto sopra descritto, dovrà essere concordato con il referente tecnico di ANAS S.p.A. , il quale dovrà valutare la proposta tecnica ricevuta ed eventualmente autorizzare le attività di rilievo.

La rilevazione geometrica e lo stato di degrado delle opere d'arte dovrà essere condotta attraverso rilievi geometrici e fotogrammetrici condotti sull'opera di interesse mediante dispositivi laser scanner e fotografici.

I dispositivi laser da utilizzare dovranno differenziarsi in funzione delle tipologie di manufatti da rilevare e delle aree di interferenza circostanti (pareti rocciose, dissesti, edifici ecc) sia in termini di principio di funzionamento (tempo di volo e differenza di fase), che di portata (min 100 - max 1500 m).

Le attività di rilievo dovranno essere supportate da rilievi topografici di dettaglio che avranno lo scopo di misurare e georiferire i target utilizzati per la registrazione delle singole scansioni. Le poligonali topografiche condotte con stazioni totali dovranno essere chiuse e compensate e fornire coordinate dei punti di interesse in sistemi metrici non distorti

Precisione nella determinazione delle coordinate dei punti di interesse: <5mm

Precisioni laser scanner della nuvola di punti acquisita: <10mm

7.1 REQUISITI TECNICI GENERALI DELLA STRUMENTAZIONE LASER SCANNER TERRESTRE PER IL RILIEVO DELLE OPERE D'ARTE STRADALI:

- Laser class: classe 1 e/o 3A in funzione dell'altezza e della tipologia dell'opera da rilevare.
- Range: fino ad un massimo di m. 300. Sono quindi ammessi gli strumenti con capacità di rilievo anche inferiori purché rispettino e migliorino gli altri parametri previsti nei requisiti tecnici.
- Accuratezza: 6 mm su 50 m. Tutti gli strumenti con grado di accuratezza migliore a tale valore, quindi inferiore a 6 mm su 50 m, sono ammessi.



- Finestra di scansione orizzontale: 360° massima. Finestra di scansione verticale: 80° minima. Sono quindi ammessi gli strumenti con capacità di rilievo anche superiori, purché rispettino gli altri parametri previsti nei requisiti tecnici.

7.2 PRESCRIZIONI SULLA METODOLOGIA DI RILIEVO

Modalità di rilevamento

La procedura di rilievo laser scanner richiesta dovrà prevedere il simultaneo impiego di tre modalità di rilevamento:

- Il rilevamento rangometrico, che restituisce le coordinate spaziali X, Y, Z dei punti scanditi;
- il rilevamento riflettometrico, che restituisce i coefficienti di riflettanza caratteristica dei vari tipi di materiali che costituiscono l'opera d'arte;
- il rilevamento fotografico digitale, che restituisce la caratterizzazione grafica RGB, che verrà proiettata tridimensionalmente sulla nube di punti generata al computer dalla restituzione rangometrica e riflettometrica. Il rilievo fotografico digitale dovrà essere effettuato da ogni stazione sull'intero campo visivo (360° in orizzontale e 270° gradi in verticale) e comunque dovrà comprendere l'intera opera da rilevare.

7.3 PRESCRIZIONI SULLE IMPOSTAZIONI GENERALI

- Le dimensioni della maglia di scansione potranno variare, all'interno della stessa opera, da un minimo di 5 mm ad un massimo di 10 cm sulla superficie dell'oggetto a seconda dell'elemento costruttivo da rilevare. In ogni caso, il passo di scansione dovrà essere compatibile con le dimensioni delle singole forme geometriche dell'elemento costruttivo, in modo da garantire un rilievo dettagliato sia delle caratteristiche geometriche che delle singole aree di degrado;
- Lo strumento potrà essere utilizzato esclusivamente su treppiede in legno o carbonio, avente caratteristiche idonee a garantire la stabilità durante tutto il periodo dell'acquisizione delle nuvole di punti. Non sono ammessi stazionamenti su mezzi mobili (automezzi, quad, autocarri ...etc.), o altre modalità di stazionamento similari che non garantiscono la stabilità della strumentazione utilizzata;
- Per ogni opera d'arte da rilevare, l'operatore dovrà utilizzare almeno 4 (quattro) target riflettenti, aventi dimensioni e caratteristiche idonee per la successiva registrazione delle nuvole di dati e georeferenziazione del rilievo. I target dovranno essere disposti uniformemente su tutta l'opera, al fine di garantire la massima precisione in fase di rototraslazione e georeferenziazione del rilievo. Per almeno 4 (quattro) target utilizzati durante i rilievi, l'Appaltatore dovrà provvedere alla materializzazione di borchie in acciaio opportunamente fissate alla struttura, o altri segnali da



concordare con la D.S., che dovranno essere utilizzati sia in fase di collaudo dei rilievi eseguiti che per la ripetizione degli stessi da parte di ANAS S.p.A.. Per ognuno dei 4 target di riferimento, dovrà essere redatta una monografia;

- Tutte le operazioni di rilievo dovranno essere pianificate in modo tale che, in fase di elaborazione dei dati, la registrazione (unione) delle nuvole di punti acquisite da stazioni diverse possa avvenire esclusivamente per correlazione dei target collimati o con il metodo di rilievo "per poligonale".

In ogni caso, l'operatore dovrà provvedere a collimare un numero adeguato di target (minimo 4) uniformemente distribuiti sull'opera.

Non saranno ammesse registrazioni di nuvole di dati per aree omologhe rilevate da stazioni diverse, se non espressamente autorizzate dalla D.S. a seguito di richiesta motivata.

- Le scansioni dovranno essere effettuate da diversi punti di vista per ottenere il rilievo geometrico dell'oggetto ed evitare così che vi siano delle zone d'ombra caratterizzate da assenza di dati.

Saranno tollerate, per particolari condizioni di difficoltà di rilievo, da verificare in fase di opera con la struttura di controllo/DL, eventuali zone d'ombra per un massimo del 5% della superficie totale dell'opera..

L'Appaltatore dovrà provvedere, preliminarmente all'inizio delle attività di rilievo in campo, all'eliminazione di tutti gli ostacoli presenti sui luoghi (vegetazione e/o materiali) che possano impedire il raggiungimento del risultato di cui sopra.

- L'alta qualità della fotografia digitale utilizzata in campo deve consentire la corretta assegnazione del valore di RGB alle nuvole di punti ed una visualizzazione molto dettagliata del degrado;
- Al fine dell'ottenimento dell'alta qualità della fotografia digitale richiesta, tale da consentire una visualizzazione molto dettagliata del degrado, dovranno essere acquisiti dati fotografici digitali con risoluzione non inferiore a 150 pixel per pollice quadrato di superficie reale rilevata del Ponte (circa 23 pixel per cm²). I dati fotografici dovranno essere restituiti sia in formato RAW che in formato TIFF. A partire dai dati RAW (dati grezzi acquisiti dalla fotocamera digitale) dovranno essere generati i file TIFF previa correzione radiometrica, eseguita in modo da uniformare le immagini ad un analogo livello di illuminazione. Inoltre, per ogni immagine fotografica, dovranno essere restituiti file ASCII con informazioni sul posizionamento e sull'orientamento delle fotocamere.

7.4 INQUADRAMENTO GEODETICO E RILIEVI CELERIMETRICI INTEGRATIVI



Tutte le misure dovranno essere riferite al sistema piano UTM-ETRF2000. Le quote dovranno essere determinate con riferimento al l.m.m. con derivazione dai vertici della rete IGM95 o dalle linee di livellazione di alta precisione dell'Istituto Geografico Militare Italiano.

7.5 RETE DI CAPISALDI LOCALE ED INQUADRAMENTO NEL SISTEMA UTM

Per ogni opera saranno materializzati i necessari punti di inquadramento, per un minimo di quattro punti stabili di riferimento, materializzati con chiodi di tipo topografico con sottostante rondella in acciaio inox, infissi su strutture stabili esistenti o appositamente realizzate, il fissaggio dovrà essere effettuato tramite resina bicomponente, rispetto ai quali dovrà essere garantita la ripetibilità delle misure eseguite. Ogni punto di inquadramento dovrà essere numerato con il suffisso CS ed una numerazione consecutiva univoca; per ogni punto d'inquadramento dovrà eseguirsi una idonea monografia contenente le informazioni di materializzazione e localizzazione sia descrittive che grafiche, uno stralcio della localizzazione su cartografia ufficiale, le coordinate plano-altimetriche espresse nel sistema di riferimento, ed almeno una fotografia d'inquadramento, secondo uno schema da concordare con la Stazione Appaltante.

I capisaldi dovranno essere ubicati tutti esternamente rispetto all'opera d'arte da rilevare e dovranno essere uniformemente distribuiti, al fine di garantire la massima precisione in fase di inquadramento per rototraslazione di rilievi successivi. Lo schema geometrico dovrà essere preventivamente progettato al fine di comprendere l'intera opera d'arte da rilevare all'interno del poligono composto dalle baseline congiungenti i 4 capisaldi materializzati.

L'inquadramento dei vertici dovrà avvenire tramite utilizzo contemporaneo di almeno 2 ricevitori geodetici GPS a doppia frequenza, da utilizzarsi esclusivamente in modalità statica o rapido-statica, con riferimento ad almeno 2 (due) vertici della rete geodetica IGM95.

I nuovi capisaldi dovranno essere collegati reciprocamente con baseline rilevate in modalità statica o statico-rapida.

Per tutte le fasi del rilievo di inquadramento geodetico dei capisaldi non potranno essere utilizzate le tecnologie di rilievo "RTK" o "VRS" e le modalità di collegamento a "Sbraccio" o "Stella".

La trasformazione delle coordinate geografiche WGS84 - ETRF2000 dovrà avvenire esclusivamente tramite utilizzo del software Verto dell'IGM.

Le quote ellissoidiche dovranno essere trasformate con riferimento ai grigliati di trasformazione IGM.

Nel caso in cui nell'area oggetto di rilievo siano presenti linee di livellazione IGM a distanze inferiori a 5 Km, l'Appaltatore dovrà effettuare un controllo delle quote geoidiche calcolate con rilievo diretto di almeno 2 capisaldi di livellazione di alta precisione.



L'opera da rilevare dovrà essere rappresentata in coordinate rettilinee "pseudo-UTM", determinando le stesse direttamente dal sistema WGS84-ETRF2000.

Per la determinazione delle coordinate rettilinee "pseudo-UTM" dovrà essere fissato un meridiano centrale all'area oggetto di rilievo, passante per il baricentro dell'opera, allo stesso dovranno essere assegnati dei valori di "Falsa Est" e "Falsa Ovest" in modo da garantire che per tutto lo sviluppo della restituzione ci siano sempre valori positivi.

A seguito della determinazione delle coordinate rettilinee, al fine di poter inquadrare l'opera nel sistema UTM 32 o 33, dovrà essere effettuata una rototraslazione rigida, senza fattore di scala, tra le coordinate UTM dei vertici posti alle estremità dell'opera (min. 4) e le coordinate determinate secondo la procedura di cui sopra.

Dovrà essere consegnato un report contenente le seguenti informazioni:

- latitudine e longitudine del punto baricentrico che darà origine al meridiano centrale;
- Valori di falsa Est e falsa Ovest
- Ampiezza in gradi della zona di calcolo
- Valore del coefficiente di contrazione "c"
- Quota media adottata
- Scarti del calcolo di rototraslazione rigida tra le coordinate rettilinee locali e le coordinate UTM dei vertici di inquadramento

7.6 INTEGRAZIONE RILIEVO CON MODALITÀ CELERIMETRICA

Il rilievo laser scanner dovrà essere integrato con un rilievo topografico celerimetrico dei punti notevoli delle strutture orizzontali e verticali oltre che del piano viabile, in modo da poter ricostruire un modello semplificato dell'opera con l'uso di linee o polilinee tridimensionali, rappresentanti le discontinuità.

Il rilievo celerimetrico dovrà essere effettuato tramite stazione totale, avente le seguenti caratteristiche tecniche minime:

precisione angolare Hz, V: 5" (1.5 mgon)

range compensatore: 4' (0.07 gon) -- precisione Compensatore: 1.5" (0.5 mgon)

precisione distanze: 1 mm + 2 ppm

Il sistema GPS in modalità RTK potrà essere utilizzato per il rilievo del piano viabile dei ponti o viadotti, ma non per le parti d'opera sottostanti e per i target di riferimento.



Il rilievo celerimetrico integrativo dovrà essere georeferenziato nel sistema UTM-ETRF2000, tramite collegamento diretto alla rete di capisaldi precedentemente istituita e dovrà altresì comprendere il rilievo dei 4 target di riferimento da utilizzare per la georeferenziazione delle nuvole di punti.

Tolleranze:

Tolleranza posizionamento planimetrico: $\pm 0,015$ m

Tolleranza posizionamento altimetrico: $\pm 0,015$ m

7.7 ANALISI DEL DEGRADO

Sull'analisi del degrado, all'interno della Rapporto finale dovrà essere redatta una sezione relativa al rilievo Laser Scanner che integri l'ispezione visiva e che comprenda:

- descrizione particolareggiata degli elementi di degrado, (es: distacchi superficiali di calcestruzzo, distacchi dei copriferro, ossidazione dei ferri di armatura, infiltrazioni di umidità, degrado della impermeabilizzazione, ecc..);
- individuazione degli ammaloramenti sulle tavole tecniche elaborate;
- individuazione delle cause e del livello di degrado.

La classificazione degli elementi di degrado e degli ammaloramenti dovrà essere eseguita in funzione dell'effettivo riscontro. Per agevolare la classificazione dei difetti ANAS fornirà, come suddetto, un manuale difettologico.

Ogni elemento di degrado visualizzato deve essere localizzato nel contesto di tutto l'oggetto del rilievo.

Il modello finale dell'area di degrado, ottenuto attraverso le tre modalità di rilievo sopra elencate, deve essere un modello tridimensionale gestibile attraverso un normale personal computer con applicativi CAD.

Come sopra citato, dovrà essere possibile effettuare l'analisi difettologica sia attraverso le fotografie digitali a colori composte sul modello sferico che attraverso le scansioni laser opportunamente raffittite nelle aree degradate ed implementate con i valori di riflettanza ed RGB.

La camera fotografica utilizzata dall'affidatario dovrà avere ottica e risoluzione tali da potere visualizzare ogni particolare dei difetti presenti sull'opera d'arte.

Le fotografie digitali a colori dell'intera opera d'arte, dovranno essere ortorettificate sul modello 3d ottenuto dalle scansioni 3D al fine di potere effettuare ogni tipo di misurazione ed analisi GIS del degrado.

In caso di rilievo laser scanner, la densità della nuvola di punti dovrà permettere la visualizzazione e la successiva analisi del singolo degrado, anche senza l'uso delle fotografie digitali a colori.



7.8 VERIFICHE DI CONFORMITÀ DEL DIRETTORE PER L'ESECUZIONE DEL CONTRATTO.

Il D.S., provvederà ad effettuare le verifiche in corso d'opera di tutte le lavorazioni sopra descritte e dei relativi elaborati.

Le verifiche potranno essere eseguite sia in campo che presso la sede dell'Appaltatore.

Rilievo GPS di inquadramento geodetico

Prestazione o elaborato da verificare Tipologia verifica Tolleranza ammessa

Materializzazione capisaldi Conformità materiali - stabilità struttura - configurazione geometrica rete.

Scheda monografica Verifica contenuto e compilazione

Collegamento rete IGM Verifica monografia IGM

Misure statiche GPS Rielaborazione Rinex baseline planimetrica: ± 5 cm altimetria: ± 5 cm

Calcolo di compensazione Verifica dati o rielaborazione planimetrica: ± 5 cm altimetria: ± 5 cm

Rilievo Laser Scanner

Prestazione o elaborato da verificare Tipologia verifica Tolleranza ammessa

Strumento Laser Scanner Conformità strumento rispetto le prescrizioni del CSA e certificato di taratura

Target di riferimento Controllo numero e distribuzione geometrica

File nuvole di punti Caricamento file PTS e controllo singole scansioni

Registrazione nuvole di punti Rielaborazione con verifica scarti posizionamento: ± 6 mm su 50 m

Georeferenziazione modello registrato Verifica report e rielaborazione ± 5 mm

Modello registrato Verifica zone d'ombra 5%

Controllo fotografie digitali Verifica completezza, esposizione e qualità

Modello navigabile Verifica completezza informazioni

Restituzione CAD Verifica misure relative ± 1 cm



Rilievo Celerimetrico Integrativo

Prestazione o elaborato da verificare	Tipologia verifica	Tolleranza ammessa
Strumento Total Station	Conformità strumento rispetto le prescrizioni del CSA e certificato di taratura	
Georeferenzazione rilievo	Verifica report e rielaborazione ± 1 cm	
Target di riferimento	Controllo numero e distribuzione geometrica	
Restituzione CAD	Verifica misure ± 1 cm	

Analisi Difettologica

Prestazione o elaborato da verificare	Tipologia verifica	Tolleranza ammessa
Report difettologico	Sopralluogo per verifica completezza informazioni	
Nuvola di punti	Verifica griglia di scansione e visibilità difetto	
Fotografie digitali a colori	Verifica copertura intera opera	
Fotografie digitali a colori	Verifica qualitativa ortorettifica	
Fotografie digitali a colori	Verifica formati	
Fotografie digitali a colori	Verifica valori di orientamento	

7.9 RILIEVI LASER SCANNER IN GALLERIA

7.9.1 RILIEVI LASER-SCANNER GALLERIE ESISTENTI DA ESEGUIRSI IN MODALITÀ DINAMICA.

I rilievi laser scanner in modalità dinamica, da effettuarsi per l'acquisizione delle nuvole di punti all'interno delle gallerie o di tratte stradali con particolari conformazioni geometriche, potranno essere effettuati esclusivamente dopo la redazione di un dettagliato progetto di acquisizione dei dati, da sottoporre alla preventiva approvazione del Direttore per l'Esecuzione del Servizio di ANAS S.p.A.

Per l'esecuzione dei rilievi dinamici, dovrà essere utilizzato un laser a scansione, integrato in un automezzo, dotato di tutte le strumentazioni ausiliarie necessarie per l'acquisizione dei dati secondo le precisioni richieste.

Il sistema dovrà essere composto oltre che dal laser scanner anche da un sistema traiettografico inerziale (IMU-GPS) che consenta di associare ad ogni impulso laser la reale posizione del sensore ed il relativo assetto spaziale (roll-pitch, yaw).



Trattandosi di un impiego in galleria e quindi in assenza di segnale GPS, il sistema dovrà, mediante idonei filtri e sfruttando le componenti accelerometriche e giroscopiche, derivare la posizione del mezzo, in ogni punto, con accuratezza migliore di 15 cm.

In prossimità degli imbocchi delle gallerie, dovranno essere posizionati almeno 8 target (4 + 4), visibili dal laser scanner e georeferenziati tramite sistemi topografici di precisione, da utilizzare per le verifiche di congruità delle 2 nuvole di punti (andata e ritorno) ed eventuale correzione degli errori di posizionamento dei dati derivati dalla piattaforma inerziale/GPS. La tolleranza per la determinazione delle coordinate piano altimetriche dei target di cui sopra è fissata in +/- 3 cm sia per la planimetria che per le quote, con riferimento al sistema cartografico di progetto e quote s.l.m.m.

L'affidatario dovrà pianificare l'esecuzione delle misure sia in andata che in ritorno, in modo da sfruttare per entrambi gli imbocchi la migliore accuratezza del dato (primi secondi dopo la perdita del segnale GPS).

La strumentazione dovrà essere fissata sul mezzo in modo da garantire il rilievo di tutte le parti d'opera della galleria, compreso il piano viabile e la segnaletica orizzontale con una percentuale di copertura non inferiore al 95% delle parti visibili.

La velocità di percorrenza in galleria durante i rilievi non potrà essere superiore a 50 Km/h se la galleria è in esercizio e di 30 Km/h in assenza di traffico veicolare.

In ogni caso, la nuvola di punti dovrà avere una densità tale da garantire la possibilità di rappresentare ogni parte strutturale dell'opera rilevata (calotta, piedritti, cunette, portali, bypass ...) oltre al piano viabile.

Al fine di garantire la densità della nuvola di punti e la copertura delle aree di cui sopra, nonché la possibilità di percorrere, alla velocità massima prestabilita, il tunnel in ambedue i sensi di marcia, nel caso in cui i rilievi vengano effettuati in presenza di traffico veicolare, l'affidatario del servizio dovrà utilizzare un ulteriore autoveicolo, dotato dei sistemi di segnalazione previsti dalla normativa vigente, in modo che nessun automezzo in transito possa superare il "VAR" ed ostacolare il campo di visibilità della strumentazione.

Al termine delle misure i dati IMU-GPS e laserscanner Mobile dovranno essere elaborati con idonei software, al fine di ottenere un modello numerico del manufatto, utile per le successive fasi di restituzione vettoriale (sezioni, piante, ecc).

7.9.1.1 Inquadramento geodetico

Tutte le misure dovranno essere riferite al sistema di rappresentazione adottato per la progettazione. Le quote dovranno essere determinate con riferimento al l.m.m. con derivazione dai vertici



della rete IGM95 o dalle linee di livellazione di alta precisione dell'Istituto Geografico Militare Italiano.

L'opera da rilevare dovrà essere rappresentata in coordinate rettilinee, determinando le stesse direttamente dal sistema di progetto.

Per la determinazione delle coordinate rettilinee "pseudo-UTM o Gauss Boaga" dovrà essere fissato un meridiano centrale all'area oggetto di rilievo, passante per il baricentro dell'opera, allo stesso dovranno essere assegnati dei valori di "Falsa Est" e "Falsa Ovest" in modo da garantire che per tutto lo sviluppo della restituzione ci siano sempre valori positivi.

A seguito della determinazione delle coordinate rettilinee, al fine di poter inquadrare l'opera nel sistema di progetto, dovrà essere effettuata una rototraslazione rigida, senza fattore di scala, tra le coordinate di progetto dei vertici posti alle estremità dell'opera (min. 4) e le coordinate determinate secondo la procedura di cui sopra.

Dovrà essere consegnato un report contenente le seguenti informazioni:

- latitudine e longitudine del punto baricentrico che darà origine al meridiano centrale;
- Valori di falsa Est e falsa Ovest
- Ampiezza in gradi della zona di calcolo
- Valore del coefficiente di contrazione "c"
- Quota media adottata
- Scarti del calcolo di rototraslazione rigida tra le coordinate rettilinee locali e le coordinate UTM dei vertici di inquadramento

7.9.1.2 [Requisiti tecnici generali della strumentazione](#)

Componente di navigazione

- Odometro ad alta precisione: 100 impulsi/giro
- GNSS-IMU tipo Novatel IGM1A o Applanix AP15, 200Hz, Frequenze GPS utilizzate L1-L2GPS, L1-L2 Glonass

Componente Laser Scanner

- Laserscanner a differenza di fase con velocità di acquisizione di almeno 1.000.000 punti/sec, copertura di una fascia di 360 gradi nel verso di spostamento del mezzo, portata 150m, , classe laser 1, sincronizzazione mediante PPS, NMEA sentence da ricevitore GPS.



7.9.2 RILIEVI LASER-SCANNER GALLERIE ESISTENTI DA ESEGUIRSI IN MODALITÀ STATICA.

La tecnologia laser Scanner 3D può essere adottata sia per il rilievo geometrico che difettologico delle gallerie.

Le attività di rilievo laser scanner, dovranno essere supportate da rilievi topografici di dettaglio, che avranno lo scopo di georiferire e registrare le singole scansioni.

Le poligonali topografiche, condotte con stazioni totali di adeguata precisione, dovranno essere chiuse e compensate e fornire coordinate dei punti di interesse in sistemi metrici non distorti.

7.9.2.1 Requisiti tecnici generali della strumentazione:

- Classe Laser 1
- Range: fino ad un massimo di m. 200. Sono quindi ammessi gli strumenti con capacità di rilievo anche inferiori purché rispettino e migliorino gli altri parametri previsti nei requisiti tecnici.
- Accuratezza: 6 mm su 50 m. Tutti gli strumenti con grado di accuratezza migliore a tale valore, quindi inferiore a 6 mm su 50 m, sono ammessi.
- Finestra di scansione orizzontale: 360° massima. Finestra di scansione verticale: 320° minima. Sono quindi ammessi gli strumenti con capacità di rilievo anche superiori, purché rispettino gli altri parametri previsti nei requisiti tecnici.

7.9.2.2 Prescrizioni sulla metodologia di rilievo

La procedura di rilievo laser scanner richiesta dovrà prevedere il simultaneo impiego di tre modalità di rilevamento:

- rilevamento rangometrico, che restituisce le coordinate spaziali X, Y, Z dei punti scanditi;
- rilevamento riflettometrico, che restituisce i coefficienti di riflettanza caratteristica dei vari tipi di materiali che costituiscono l'opera d'arte;
- rilevamento fotografico digitale, che restituisce la caratterizzazione grafica RGB, che verrà proiettata tridimensionalmente sulla nube di punti generata al computer dalla restituzione rangometrica e riflettometrica. Il rilievo fotografico digitale dovrà essere effettuato da ogni stazione sull'intero campo visivo (360° in orizzontale e 320° gradi in verticale) e comunque dovrà comprendere l'intera opera da rilevare.

Il rilevamento fotografico digitale dovrà essere eseguito esclusivamente se ordinato dal Direttore per l'Esecuzione del Contratto di ANAS S.p.A.

7.9.2.3 Prescrizioni sulle impostazioni generali

- Le dimensioni delle maglie di scansione dovranno essere costanti per tutta l'opera rilevata.



Il valore massimo ammissibile della maglia di scansione non dovrà essere superiore a 5 mm * 5 mm per ogni nuvola di punti acquisita (stazione Laser scanner).

In ogni caso, il passo di scansione dovrà essere compatibile con le dimensioni delle singole forme geometriche dell'elemento costruttivo, in modo da garantire un rilievo dettagliato sia delle caratteristiche geometriche che delle singole aree di degrado;

- Lo strumento potrà essere utilizzato esclusivamente su treppiede in legno o carbonio, avente caratteristiche idonee a garantire la stabilità durante tutto il periodo dell'acquisizione delle nuvole di punti. Non sono ammessi stazionamenti su mezzi mobili (automezzi, quad, autocarri ...etc.), o altre modalità di stazionamento simili che non garantiscono la stabilità della strumentazione utilizzata;
- Le scansioni dovranno essere effettuate da diversi punti di vista per ottenere il rilievo geometrico dell'oggetto ed evitare così che vi siano delle zone d'ombra caratterizzate da assenza di dati.

Saranno tollerate, per particolari condizioni di difficoltà di rilievo, da verificare in fase di opera con la struttura di controllo/DL, eventuali zone d'ombra per un massimo del 5% della superficie totale dell'opera..

L'Appaltatore dovrà provvedere, preliminarmente all'inizio delle attività di rilievo in campo, all'eliminazione di tutti gli ostacoli presenti sui luoghi (vegetazione e/o materiali) che possano impedire il raggiungimento del risultato di cui sopra.

- Nel caso in cui venga richiesto il rilievo fotografico, l'alta qualità della fotografia digitale dovrà consentire la corretta assegnazione del valore di RGB alle nuvole di punti ed una visualizzazione molto dettagliata del degrado.

Al fine dell'ottenimento dell'alta qualità della fotografia digitale richiesta, tale da consentire una visualizzazione molto dettagliata del degrado, dovranno essere acquisiti dati fotografici digitali con risoluzione non inferiore a 150 pixel per pollice quadrato di superficie reale rilevata (circa 23 pixel per cmq). I dati fotografici dovranno essere restituiti sia in formato RAW che in formato TIFF. A partire dai dati RAW (dati grezzi acquisiti dalla fotocamera digitale) dovranno essere generati i file TIFF previa correzione radiometrica, eseguita in modo da uniformare le immagini ad un analogo livello di illuminazione. Inoltre, per ogni immagine fotografica, dovranno essere restituiti file ASCII con informazioni sul posizionamento e sull'orientamento delle fotocamere.

7.9.2.4 Inquadramento geodetico

Tutte le misure dovranno essere riferite al sistema di rappresentazione adottato per la progettazione. Le quote dovranno essere determinate con riferimento al l.m.m. con derivazione dai vertici della rete IGM95 o dalle linee di livellazione di alta precisione dell'Istituto Geografico Militare Italiano.



L'opera da rilevare dovrà essere rappresentata in coordinate rettilinee, determinando le stesse direttamente dal sistema di progetto.

Per la determinazione delle coordinate rettilinee "pseudo-UTM o Gauss Boaga" dovrà essere fissato un meridiano centrale all'area oggetto di rilievo, passante per il baricentro dell'opera, allo stesso dovranno essere assegnati dei valori di "Falsa Est" e "Falsa Ovest" in modo da garantire che per tutto lo sviluppo della restituzione ci siano sempre valori positivi.

A seguito della determinazione delle coordinate rettilinee, al fine di poter inquadrare l'opera nel sistema di progetto, dovrà essere effettuata una rototraslazione rigida, senza fattore di scala, tra le coordinate di progetto dei vertici posti alle estremità dell'opera (min. 4) e le coordinate determinate secondo la procedura di cui sopra.

Dovrà essere consegnato un report contenente le seguenti informazioni:

- latitudine e longitudine del punto baricentrico che darà origine al meridiano centrale;
- Valori di falsa Est e falsa Ovest
- Ampiezza in gradi della zona di calcolo
- Valore del coefficiente di contrazione "c"
- Quota media adottata
- Scarti del calcolo di rototraslazione rigida tra le coordinate rettilinee locali e le coordinate UTM dei vertici di inquadramento

7.9.2.5 Rilievo Topografico di appoggio e tecnica di georeferenziazione e registrazione delle nuvole di punti

Il rilievo in galleria dovrà essere effettuato utilizzando contemporaneamente sia la strumentazione laser scanner che una Total Station di precisione, da adottare per la determinazione delle coordinate plano-altimetriche dei punti di scansione e dei punti di orientamento.

Le tecniche di rilievo, per la registrazione delle nuvole di punti, dovrà variare in funzione della presenza o meno di traffico veicolare durante l'esecuzione delle misure.

7.9.2.6 Procedura per rilievi effettuati in assenza totale di traffico veicolare

- Materializzazione dei vertici di una poligonale di precisione chiusa ed a lati corti, con lunghezza massima dei lati non superiore a 150 m. I vertici iniziali e finali della poligonale dovranno essere posti esternamente rispetto alla galleria, ad una distanza non inferiore a 100 m dagli imbocchi;
- Misura e determinazione delle coordinate della poligonale di precisione chiusa ed a lati corti (rif. Par. 2.9.2 e 2.9.3 delle Norme Tecniche per Indagini Topografiche);



- Esecuzione di una livellazione di precisione sui vertici della poligonale (rif. Par. 2.10.1 e 2.10.2 delle Norme Tecniche per Indagini Topografiche)
- Esecuzione delle misure laser scanner, con stazionamenti in corrispondenza dell'asse della galleria e misure su almeno 4 target per ogni stazione Laser Scanner;
- La distanza massima tra le stazioni Laser Scanner non dovrà mai essere superiore a 1.5 volte la larghezza della galleria, misurata alla base dei piedritti;
- I 4 target dovranno essere posizionati in modo che almeno 2 siano ogni volta visibili dalle stazioni Laser Scanner consecutive;
- Per ogni 100 m di rilievo laser scanner, con riferimento alla poligonale di precisione, dovranno essere determinate le coordinate planimetriche e le quote dei target ubicati agli estremi della tratta;
- In fase di acquisizione delle misure in galleria, l'operatore dovrà impostare dei filtri che impediscano l'acquisizione di dati a distanze superiori di 25 m rispetto alla posizione di ogni singola stazione;
- La registrazione delle nuvole di punti dovrà restituire un'unica nuvola di punti in cui non si presentino sfasamenti dei dati superiori a 5 mm per le tratte esaminate in fase di collaudo.

7.9.2.7 Procedura per rilievi effettuati in presenza di traffico veicolare

- Materializzazione dei vertici di una poligonale di precisione chiusa ed a lati corti, con lunghezza massima dei lati non superiore a 150 m. I vertici iniziali e finali della poligonale dovranno essere posti esternamente rispetto alla galleria, ad una distanza non inferiore a 100 m dagli imbocchi;
- Misura e determinazione delle coordinate della poligonale di precisione chiusa ed a lati corti (rif. Par. 2.9.2 e 2.9.3 delle Norme Tecniche per Indagini Topografiche);
- Esecuzione di una livellazione di precisione sui vertici della poligonale (rif. Par. 2.10.1 e 2.10.2 delle Norme Tecniche per Indagini Topografiche);
- Esecuzione delle misure laser scanner, con stazionamenti ai margini del piano viabile o passo pedonale;
- Per la determinazione delle coordinate del laser scanner ed orientamento delle singole nuvole di punti, dovrà essere adottato un sistema software che permetta la determinazione, in sito, delle coordinate del centro di fase della strumentazione laser scanner e di un prisma riflettente da utilizzare quale orientamento del sistema di rilievo (ad esempio: TMS ScanControl o similari);
- La distanza massima tra le stazioni Laser Scanner non dovrà mai essere superiore a 1.5 volte la larghezza della galleria, misurata alla base dei piedritti;



- In fase di acquisizione delle misure in galleria, l'operatore dovrà impostare dei filtri che impediscano l'acquisizione di dati a distanze superiori di 25 m rispetto alla posizione di ogni singola stazione;
- Al fine di garantire l'acquisizione di almeno il 95% delle superfici visibili, compreso il piano viabile e la segnaletica orizzontale, le misure dovranno essere eseguite sia in andata che in ritorno.
- La registrazione delle nuvole di punti dovrà restituire un'unica nuvola di punti in cui non si presentino sfasamenti dei dati superiori a 5 mm per le tratte esaminate in fase di collaudo

7.9.2.8 Caratteristiche minime del sistema topografico per l'esecuzione della poligonale

La Total Station di appoggio, per l'esecuzione della poligonale e la determinazione delle coordinate dei target (per i rilievi in assenza di traffico veicolare) o dei prismi (per rilievi in presenza di traffico veicolare) dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- o Precisione misure angolari: 0.5" (0.15 mgon)
- o Precisione misure di distanza: 0.6 mm + 1 ppm
- o Dimensione spot laser a 50 m: 8 mm*20 mm
- o Tecnologia di misura: laser rosso visibile coassiale
- o Sistema di riconoscimento automatico dei prismi con precisione di misura di 0.5" (0.15 mgon)
- o Disponibilità di doppia tastiera
- o Dotazione di Kit per esecuzione di poligonali di precisione in galleria

7.9.3 VERIFICHE DI CONFORMITÀ DEL DIRETTORE PER L'ESECUZIONE DEL CONTRATTO.

Il D.S., provvederà ad effettuare le verifiche in corso d'opera di tutte le lavorazioni sopra descritte e dei relativi elaborati.

Le verifiche potranno essere eseguite sia in campo che presso la sede dell'Appaltatore.

Rilievi Laser Scanner in Galleria (rilievi dinamici)

Prestazione o elaborato da verificare Tipologia verifica Tolleranza ammessa

Consistenza geometrica Analisi della nuvola di punti registrata 3 cm

Accuratezza della nuvola di punti Verifica a campione con rilievo di sezioni trasversali della galleria tramite una Total Station con puntatore laser coassiale +/- 5 cm



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

Restituzione CAD Verifica misure ± 5 cm

Rilievi Laser Scanner in Galleria (rilievi statici)

Prestazione o elaborato da verificare Tipologia verifica Tolleranza ammessa

Consistenza geometrica Analisi della nuvola di punti registrata 5 mm

Accuratezza della nuvola di punti Verifica a campione con rilievo di sezioni trasversali della galleria tramite una Total Station con puntatore laser coassiale +/- 1 cm

Restituzione CAD Verifica misure ± 1 cm



8 RILIEVI BATIMETRICI

Le indagini batimetriche dovranno essere effettuate mediante ecoscandaglio single-beam o multi-beam installato su una imbarcazione di pescaggio adeguato al fondale da investigare.

In caso di battenti ridotti i rilevamenti potranno essere effettuati anche con ACV (Air Cushion Vehicle) o equivalente.

Ove non accessibile con i natanti sopra descritti potrà essere adottata la tecnologia "Tethered drone – rough water) sensorizzato, in modo da rispettare le specifiche di rilevamento indicate.

Viene richiesto un rate di acquisizione non inferiore a 1 Hz (un impulso al secondo) eventualmente incrementabile a 0.5 Hz nel caso i cui la velocità del natante sia superiore a 15 Km/h. a tal proposito verrà chiesto di fornire adeguata documentazione tecnica relativa alla strumentazione utilizzata.

Nella selezione dell'imbarcazione deve essere garantito lo spazio necessario per la strumentazione e per operare in completa sicurezza.

L'equipaggiamento dovrà essere adeguato al raggiungimento del grado di risoluzione richiesto, in particolare:

- per il posizionamento deve essere adottata una strumentazione di tipo DGPS con correzione RTK;
- per il rilievo multibeam è richiesta una copertura totale dell'area con risoluzione 0,5 X 0,5 m.

L'esecuzione del rilievo dovrà essere supportata da un adeguato sistema di controllo della navigazione, che integri al suo interno l'acquisizione dei dati dei diversi sensori.

Il rilievo dell'alveo attivo dei corsi d'acqua, ove non sia possibile la navigabilità, dovrà essere effettuato dall'Appaltatore con un sistema tradizionale e nel caso delle fasce attraverso il rilievo di transetti a distanza costante ed omogenea con metodologia GPS in modalità RTK. La densità dei punti misurati e la distribuzione dei transetti dovrà essere tale da cogliere le accidentalità del fondale, sia fangoso che ghiaioso, con un passo di rappresentazione delle profondità tale da rappresentare al meglio la situazione reale del fondo alveo e consona al passo del modello digitale del terreno (DTM) che verrà successivamente generato.

Il sistema di riferimento dei rilievi batimetrici dovrà essere lo stesso dei rilievi che riguardano la superficie asciutta.

Tutte le operazioni di post-elaborazione, filtraggio dei dati, restituzione del rilievo, la compilazione dei database e quant'altro occorra per dare il lavoro compiuto in perfetta regola d'arte sono da considerarsi comprese nel prezzo di affidamento.



I risultati del rilevamento batimetrico dovranno essere analizzati, interpretati, elaborati e successivamente riassunti in un Rapporto Tecnico, corredato di cartografia tematica, che dovrà contenere:

- la descrizione del piano d'indagine progettato ed eseguito;
- la descrizione della dotazione strumentale utilizzata;
- la descrizione delle procedure operative adottate;
- la descrizione delle procedure di controllo qualità e validazione adottate e dei loro risultati;
- i risultati del rilievo restituiti in forma cartografica ed alfanumerica, in forma cartacea e su supporto informatico.

Le versioni digitali degli elaborati dovranno essere georiferite nel sistema UTM WGS84 fuso 32 N

I dati dovranno essere forniti in un file formato ASCII come valori separati da virgola riportanti, nell'ordine: ascissa, ordinata e quota slmm del fondale.

La risoluzione minima richiesta è di un punto quotato per celle di 0,5 X 0,5 m.

Una carta formato raster georeferenziato con risoluzione minima pari a 2 X 2 m.

Il fondale sarà totalmente investigato mediante rotte descritte dall'affidatario e delle quali dovranno essere indicate le specifiche (distanza minima strumento-fondo ecc.).

Il sistema di riferimento richiesto per tutti i file georeferenziati è l'UTM WGS84 fuso 32 N.

Il rilievo dovrà essere eseguito con l'appoggio di stazioni di riferimento topografico collegate alla rete geodetica nazionale a cura dell'esecutore. La metodologia utilizzata per l'acquisizione e materializzazione di eventuali vertici integrativi della rete di raffittimento dovrà essere descritta nel dettaglio da parte dell'Affidatario.

Il rilievo batimetrico dovrà essere effettuato ovunque possibile, compatibilmente con la profondità del fondale e con la presenza di manufatti emersi e/o sommersi, mediante sistema singl-beam o multi-beam. Nella restanti aree potranno essere utilizzati un sistema di acquisizione di tipo topografico, garantendo comunque la copertura di tutta l'area oggetto di indagine.

9 SOVRAPPOSIZIONI DELLE MAPPE CATASTALI

La cartografia Catastale è estesa a tutto il territorio nazionale e realizzata per circa l'80% alla scala 1:2.000. Essa rappresenta il tematismo della proprietà ed è dunque uno strumento imprescindibile per la gestione delle attività di progettazione delle nuove opere.

Sebbene non aggiornate, le mappe di impianto, conservate c/o le sedi provinciali dell'Agenzia delle Entrate, rappresentano la base metrica "più precisa" a disposizione.



Per facilitare l'integrazione del DB catastale con altri DB topografici e ortofoto a grande scala, si rende necessaria la condivisione dello stesso sistema di riferimento trasformando le mappe catastali verso il nuovo sistema cartografico UTM WGS84, nella realizzazione ETRF2000, definita dalla Rete Dinamica Nazionale (RDN).

Per la trasformazione delle mappe catastali nel sistema UTM, adottato per le progettazioni, dovranno essere effettuate trasformazioni "globali" tramite l'utilizzo del sistema dei "punti doppi", secondo la seguente procedura:

- Individuazione dei fogli di mappa attraversati dal tracciato di progetto;
- Acquisizione c/o l'Agenzia delle Entrate (Ex Agenzia del Territorio) dei file vettoriali relativi ai fogli catastali interessati dal tracciato di progetto;
- Visualizzazione diretta c/o l'Agenzia del Territorio dei fogli di mappa di impianto;
- Individuazione dei fabbricati di impianto presenti sulle mappe catastali;
- Individuazione sulle ortofoto dei fabbricati di impianto ancora esistenti sui luoghi;
- Lettura diretta, sui fogli di mappa di impianto, delle coordinate di tutti gli elementi rilevabili sui luoghi (spigoli di fabbricati, spigoli di elementi in muratura);
- Rilievo in campo di tutti gli elementi di impianto individuati e di cui sono state fornite le coordinate, tale operazione potrà essere effettuata anche per fogli contigui;
- Trasformazione delle coordinate di rilievo in rettilinee;
- Georeferenzazione in Cassini Soldner dei fogli di mappa vettoriali;
- Rototraslazione delle coordinate catastali (lettura su fogli di impianto) in rettilinee e valutazione degli scarti;
- Applicazione dei parametri di cui al punto 9 ai fogli vettoriali;
- Sovrapposizione dei fogli catastali vettoriali al progetto.

10 PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA REDAZIONE DEGLI ELABORATI

In questo capitolo verranno prese in esame le specifiche di consegna degli elaborati, in particolare in relazione alla cartografia numerica e grafica.

La cartografia numerica e grafica dovrà fornire il supporto alla progettazione e quindi verrà costruita in modo tale da poter essere utilizzata per l'estrazione, con procedimenti automatici, di profili e sezioni del terreno tra due punti qualsiasi della carta, per la realizzazione del modello digitale del terreno (DTM) e per una eventuale trasformazione in banca dati.



La cartografia dovrà contenere tutti gli elementi naturali ed artificiali utili per la descrizione del terreno.

Ogni punto della cartografia sarà geometricamente individuato dalle tre coordinate analitiche ricavate direttamente dal modello stereoscopico ricostruito al restitutore con sistema di acquisizione e registrazione automatica dei dati. Dovrà inoltre essere garantita la congruenza geometrica all'interno dei singoli "modelli" stereoscopici e fra gli elementi che appartengono a diversi "modelli".

Le linee degli elementi del terreno saranno composte da un numero di punti tale che siano rispettati i valori delle tolleranze planoaltimetriche. In particolare per le curve di livello si dovrà limitare l'angolo di vettore ad un valore non superiore a 10 gradi.

Gli elementi che costituiscono i fabbricati dovranno essere geometricamente e numericamente congruenti e ogni superficie chiusa verrà effettivamente individuata da un perimetro chiuso.

I fabbricati e le strutture in elevazione dovranno essere descritti tramite le linee di base e quelle di sommità. Nel caso di fabbricati o muri verticali, onde evitare che punti di stesse coordinate planimetriche abbiano quote diverse, si prescrive uno scostamento planimetrico interno del perimetro della sommità rispetto alla base pari a 1 cm.

Agli elementi per i quali non sia possibile od opportuno il disegno reale si assocerà una rappresentazione schematica applicata ad un singolo punto baricentrico.

Tutti gli spostamenti effettuati rispetto ai punti originariamente acquisiti in sede di restituzione dovranno essere tali da non superare i valori di precisione intrinseca del rilievo.

10.1 FILE DATI

I file della restituzione numerica devono essere consegnati nei seguenti formati:

- formato ASCII
- formato DWG

La nomenclatura dei file seguirà la seguente convenzione:

- lunghezza Nome: 8 caratteri



- lunghezza Estensione: 3 caratteri
- I file su ciascun supporto ottico dovranno essere organizzati secondo le seguenti directory:

ID_PROG

REVxy

DWG RASTERTXT DTM DOC

Dove:

- ID_PROG è un codice alfanumerico identificativo del progetto per il quale la cartografia è stata richiesta (lunghezza massima 8 caratteri)
- REVxy è l'identificativo della revisione del progetto per il quale la cartografia è stata richiesta (xy è un codice numerico costituito di 2 interi)
- "DWG" è la directory contenente i file grafici in formato binario "DWG" (rif. par. 5.1.1)
- "RASTER" è la directory contenente i file grafici in formato binario di tipo "Raster"
- "TXT" è la directory contenente la cartografia numerica in formato "ASCII" (rif. par. 5.1.2)
- "DTM" è la directory contenente i dati di cartografia numerica, in formato "ASCII", utili alla generazione del modello DTM (rif. par. 5.1.2)
- "DOC" è la directory contenente la documentazione

L'estensione dei file seguirà la convenzione seguente:

Estensione	Directory	Descrizione Tipologia File
DWG	DWG	File contenenti la cartografia 3D completa di vestizione, ovvero i Blocchi AutoCad
BMP	RASTER	File contenenti immagini "Raster"
WMF	RASTER	File contenenti immagini "Raster"
TIF	RASTER	File contenenti immagini "Raster"



TXT	TXT, DTM	File contenenti la cartografia numerica in formato ASCII
DOC	DOC	File contenenti Documenti e Relazioni
DAT	DOC	File contenenti Documentazione in formato ASCII
XLS	DOC	File contenenti Documenti e Relazioni (calcoli)
LIN	DWG	File contenenti i "Tipi Linea" Autocad

10.1.1 File "DWG"

I nomi dei file in formato "DWG" e i nomi dei livelli in essi contenuti seguiranno la convenzione prevista.

In particolare, i nomi dei file con estensione "DWG" contengono l'informazione della IdClasseGen. , del numero di foglio e della scala.

Ciascun file conterrà esclusivamente le informazioni relative a ciascuna classe generale IdClasseGen per ciascun foglio cartografico.

Le impostazioni generali dei file in formato "DWG" saranno le seguenti:

- origine: 0,0,0
- sistema angolare: centesimale
- orientamento: 0 ° Nord
- lettura angolare: destrorsa
- valori angolari: 5 decimali
- valori lineari: 3 decimali
- LTSCALE: 1
- PLINEGEN: 1
- PDMODE: 0
- PDSIZE:0
- Stile di testo: Romans
- Altezza testo: 0
- Fatt. di larghezza testo: 1
- Angolo obliquo testo: 0

Tutte le entità lineari dovranno essere memorizzate sotto forma di polilinee.



L'Appaltatore dovrà memorizzare e consegnare la simbologia prevista per le classi descritte creando un file ".DWG" per ciascun "blocco" ed il file ".LIN" contenente esclusivamente le informazioni dei "tipi linea" previsti; il formato di riferimento per tali file è "AutoCad R12"

10.1.2 File "TXT"

I nomi dei file con estensione "TXT" contengono l'informazione della IdClasseGen. del numero di foglio e della scala, salvo il caso particolare di rilievo per sezioni, descritto al termine del corrente paragrafo.

Ciascun file conterrà esclusivamente le informazioni relative a ciascuna classe generale IdClasseGen per ciascun foglio cartografico.

10.1.2.1 Rilievo "tradizionale"

La struttura dei file dovrà essere la seguente:

a. 1° Record del file:

Il primo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri "*D," seguita dalla descrizione del contenuto del file medesimo, che conterrà il nome della classe generale IdClasseGen,.

b. 2° Record del file:

Il secondo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri "*I," seguita dalla stringa "," e dalla quota z dell'elemento (se trattasi di curva di livello), seguita dalla IdClasse e dalla stringa "," seguita da uno dei seguenti codici:

Codice	Tipo entità
L	Entità lineare 3D
P	Entità puntuale 3D
T	Testo/toponimi
C	Curva di livello

c. 3° Record del file e successivi (informazioni puntuali)

Il terzo e i successivi record del file conterranno le informazioni Est, Nord, ... dei punti appartenenti alla medesima IdClasse, ed avranno il seguente formato:

Caso 1:Entità lineare 3D



Il formato sarà del tipo (secondo la convenzione Fortran):

- "F12.3, F12.3, F9.3"
dove:
- F individua un numero reale
- "12" individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell'eventuale segno negativo "-")
- ".3" individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- il contenuto dei campi è allineato a destra
- il primo elemento è la coordinata Est
- il secondo elemento è la coordinata Nord
- il terzo elemento è la coordinata "z" (quota assoluta)
- l'unità di misura utilizzata è il metro
- il separatore per le cifre decimali è il "."

Caso 2: Curva di livello

Il formato sarà del tipo (secondo la convenzione Fortran):

- "F12.3, F12.3"
dove:
- F individua un numero reale
- "12" individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell'eventuale segno negativo "-")
- ".3" individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- il contenuto dei campi è allineato a destra
- il primo elemento è la coordinata Est
- il secondo elemento è la coordinata Nord
- l'unità di misura utilizzata è il metro
- il separatore per le cifre decimali è il "."

Caso 3: Entità puntuale 3D

Il formato sarà del tipo (secondo la convenzione Fortran):

- "F12.3, F12.3, F9.3"



dove:

- F individua un numero reale
- "12" individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell'eventuale segno negativo "-")
- ".3" individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- il contenuto dei campi è allineato a destra
- il primo elemento è la coordinata Est
- il secondo elemento è la coordinata Nord
- il terzo elemento è la coordinata "z" (quota assoluta)
- l'unità di misura utilizzata è il metro
- il separatore per le cifre decimali è il "."

L'inizio e la fine dell'elemento individuato dalle stringhe "*I,,IdClasse, P" e "*F" racchiude un insieme di punti che definisce una poligonale, che nel caso di rilievo a terra, non deve presentare intersezioni con le altre entità che saranno utilizzate per la costruzione del modello numerico del terreno (DTM). Nel caso di rilievo aerofotogrammetrico il numero di punti contenuti all'interno di ciascun elemento delimitato dalle stringhe "*I,,IdClasse, P" e "*F" non dovrà essere maggiore di 200.

Caso 4: Entità di tipo toponimi

Il formato sarà del tipo (secondo la convenzione Fortran):

- "F12.3, F12.3, F7.3, F18.7, \n, A44"

dove:

- F individua un numero reale
- "12" individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell'eventuale segno negativo "-")
- ".3" individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- \n individua la combinazione "Carriage Return" e "Line Feed"
- il contenuto dei campi è allineato a destra
- A44 individua un campo alfanumerico di 44 colonne



- il primo elemento è la coordinata Est del punto in basso a sinistra del teorico rettangolo che racchiude l'area occupata dal testo
- il secondo elemento è la coordinata Nord del punto in basso a sinistra del teorico rettangolo che racchiude l'area occupata dal testo
- il terzo elemento è l'altezza del carattere, espressa in cm
- il quarto elemento è l'azimuth del testo
- il quinto elemento è l'informazione descrittiva contenuta nel testo
- l'unità di misura utilizzata per le coordinate E,N è il metro
- l'unità di misura utilizzata per la altezza testo è il centimetro
- l'unità di misura utilizzata per l'azimuth è il grado centesimale
- il separatore per le cifre decimali è il "."

Il singolo elemento "toponimo" è delimitato dalle stringhe "*I,,IdClasse, T" e "*F" e conterrà un numero di punti non superiore a 200.

d. Record di determinazione "Fine elemento"

Tale record sarà individuato dalla stringa di caratteri "*F"

e. Record di inizio successivo elemento

Tale record seguirà le convenzioni previste al punto (b).

f. Record delle informazioni puntuali relative al medesimo elemento

Tale record seguirà le convenzioni previste al punto (c).

10.1.2.2 Rilievo per Sezioni Trasversali

La struttura dei file dovrà essere in accordo ad uno dei due seguenti metodi, la cui adozione va concordata con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

Metodo 1:

a. 1° Record del file:



Il primo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri “*D,” seguita dalla descrizione del contenuto del file medesimo, che conterrà un testo che individui l’elemento di riferimento adottato per le sezioni.

b. 2° Record del file:

Il secondo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri “*I,X,” seguita dalle informazioni seguenti (scritte nell’ordine seguente) :

- numero progressivo della sezione
- Progressiva della Sezione
- coordinata Est del punto di Stazione
- coordinata Nord del punto di Stazione
- quota del punto di Stazione
- azimuth del punto di stazione
- numero di punti rilevati nella singola sezione

Ciascuna delle informazioni succitate saranno separate dal separatore di campo “,”.

L’informazione “Progressiva della sezione” può essere omessa, se concordato con la Direzione per l’Esecuzione del Contratto: in tal caso tale informazione assume il valore “”.

Il formato di tai campi è:

- “A2”, “A1”, “I1”, “F12.3”, “F12.3”, “F12.3”, “F12.3”, “F8.3”, “F32.7”, “I3”

dove:

- F individua un numero reale
- I individua un numero intero
- “12” individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell’eventuale segno negativo “-”)
- “.3” individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- non è prevista alcuna giustificazione dei campi, che sono individuati esclusivamente dal separatore di elenco “,”
- A2 individua un campo alfanumerico di 2 colonne



- l'unità di misura utilizzata per le coordinate E,N,quota è il metro
- l'unità di misura utilizzata per l'azimuth è il grado centesimale
- il separatore per le cifre decimali è il "."

c. 3° Record del file e successivi (informazioni puntuali)

Il terzo e i successivi record del file conterranno le informazioni scostamento (negativo se a sinistra, positivo se a destra dell'asse nel verso delle progressive crescenti) dei punti appartenenti alla medesima sezione trasversale, ed avranno il seguente formato (tutte le informazioni sono giustificate :a destra)

Tipo Informazione	Colonne
Scostamento punto no.1	11-18
Quota punto no.1	19-26
Scostamento punto no.2	27-34
Quota punto no.2	35-42
Scostamento punto no.3	43-50
Quota punto no.3	51-58
Scostamento punto no.4	59-66
Quota punto no.4	67-74
Scostamento punto no.5	11-18
Quota punto no.5	19-26
Scostamento punto no.6	27-34
Quota punto no.6	35-42
.....
.....

Il numero di righe per ciascuna sezione sarà tale da contenere le informazioni di tutti i punti costituenti la sezione medesima, con la condizione che il numero massimo di colonne utilizzate è 74.



Nota:

- l'unità di misura utilizzata per lo scostamento e la quota è il metro
- ciascuna informazione numerica prevede 3 decimali
- il separatore per le cifre decimali è il "."

d. Ultimo Record del file

Tale record sarà individuato dalla stringa di caratteri "*F"

Metodo 2:

a. 1° Record del file:

Il primo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri "*D," seguita dalla descrizione del contenuto del file medesimo, che conterrà un testo che individui l'elemento di riferimento adottato per le sezioni.

b. 2° Record del file:

Il secondo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri "*I,X

c. 3° Record del file e successivi (informazioni puntuali)

Il terzo e i successivi record del file conterranno le informazioni Est, Nord, ... di tutti i punti appartenenti alla medesima Sezione trasversale, ed avranno il seguente formato:

Il formato sarà del tipo (secondo la convenzione Fortran):

- "F12.3, F12.3, F9.3"

dove:

- F individua un numero reale
- "12" individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell'eventuale segno negativo "-")
- ".3" individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- il contenuto dei campi è allineato a destra
- il primo elemento è la coordinata Est
- il secondo elemento è la coordinata Nord
- il terzo elemento è la coordinata "z" (quota assoluta)



- l'unità di misura utilizzata è il metro
- il separatore per le cifre decimali è il "."

d. Record di determinazione "Fine elemento"

Tale record sarà individuato dalla stringa di caratteri "*F"

e. Record di inizio successivo elemento

Tale record seguirà le convenzioni previste al punto (b).

g. Record delle informazioni puntuali relative al medesimo elemento

Tale record seguirà le convenzioni previste al punto (c).

10.1.2.3 File "DAT"

La directory DOCU includerà il file GLIST.DAT dove sarà descritto il contenuto del CD ROM sotto forma di elenco dei nomi dei file comprensivi del loro "path"; contenente le associazioni "Nome del File - Contenuto del File", nonché i file IDDWG.DAT, IDASC.DAT, IDRASTER.DAT che conterranno le associazioni "IdClasse-Foglio di Riferimento-File di Riferimento".

Ciascun file avrà un formato fisso, che prevede in insieme di campi separati dal carattere "|".

- Il file GLIST.DAT, riporta la lista dei nomi dei file comprensivi del loro path contenuti nel CD ROM.

Il primo record è un record di intestazione. Ciascun record successivo conterrà un campo con il nome del file.

Il formato è il seguente:

campo n° 1: Ampiezza (n° colonne)

nome del file comprensivo del "path"60



Il contenuto dei campi è allineato a destra.

i.e.:

```
nome del file |  
GRA/REV01/TXT/F01OROG0.TXT |  
..... |  
..... |  
GRA/REV01/TXT/F01VIAP0.TXT |
```

- Il file IDDWG.DAT riporta la lista delle classi cartografiche, ed il riferimento al numero di foglio e al nome del file in formato DWG che ne contiene le entità relative, comprensivo del path

Il formato è il seguente:

(Il primo record è un record di intestazione)

No.Campo	Descrizione Contenuto	Ampiezza
(n° colonne)		
1	IdClasse	9
2	Numero del Foglio	11
3	nome del file comprensivo del "path"	66

Il contenuto dei campi è allineato a destra.

Il contenuto del campo n.1 è elencato in ordine alfabetico.

i.e.:

```
IdClasse | No.Foglio | nome del file |  
OR025D | 1 | GRA/Rev01/DWG/F01OROG0.DWG |  
... | .. | ..... |
```



OR025D | 2 | GRA/Rev01/DWG/F02VIAP00.DWG |

- Il file IDTXT.DAT riporta la lista delle classi cartografiche, ed il riferimento al numero del foglio e al nome del file in formato ASCII che ne contiene le entità relative, comprensivo del path.

Il formato è il seguente:

(Il primo record è un record di intestazione)

Il contenuto del campo n.1 è elencato in ordine alfabetico.

No.Campo (n° colonne)	Descrizione Contenuto	Ampiezza
1	IdClasseGen	9
2	Numero del Foglio	11
3	Nome del file comprensivo del "path"	66

Il contenuto dei campi è allineato a destra.

i.e.:

```
IdClasse|      No.Foglio|      nome del file |
OR025D |      1 |      GRA/Rev01/TXT/F01OROG0.TXT |
...|      ..|      .....|
OR025D |      2 |      GRA/Rev01/TXT/F02VIAP0.TXT |
```

- Il file IDRASTER.DAT riporta la lista delle classi cartografiche, ed il riferimento al numero del foglio e al nome del file in formato ASCII che ne contiene le entità relative, comprensivo del path.

Il formato è il seguente:

(Il primo record è un record di intestazione)

Il contenuto del campo n.1 è elencato in ordine alfabetico.



No.Campo (n° colonne)	Descrizione Contenuto	Ampiezza
1	Numero del Foglio	11
2	nome del file comprensivo del "path"	66

Il contenuto dei campi è allineato a destra.

i.e.:

No.Foglio	nome del file
1	GRA/Rev01/RASTER/AURE01NG.BMP
..
3	GRA/Rev01/RASTER/AURE03NG.BMP

10.2 PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA CODIFICA DELLA CARTOGRAFIA NUMERICA

La cartografia numerica dovrà essere fornita sia su supporto cartaceo che su supporto magnetico.

Il formato dei file di disegno cartografico sarà "DWG" 3D nel quale saranno contenute le entità cartografiche elencate nei paragrafi seguenti in funzione delle scale di rappresentazione.

Sempre in base alle scale di rappresentazione ogni elemento cartografico sarà codificato secondo le convenzioni indicate nei successivi paragrafi.

L'elenco delle entità cartografiche è indicativo e non limitativo. Qualora nella cartografia siano contenuti elementi non definiti nei paragrafi seguenti la loro codifica sarà concordata con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

La convenzione sui nomi dei file ".DWG" e ".TXT" contenenti le entità cartografiche 3D è la seguente:

FxyldClasseGen.DWG

FxyldClasseGen.TXT



Dove: xy individua un numero intero (2 cifre) identificativo del foglio cartografico a cui il file si riferisce.

Viene fissato un limite superiore alla dimensione di tali file pari a 1 Mb.

Qualora una determinata IdClasseGen per un particolare foglio contenga un numero di entità tali da superare tale limite, occorrerà suddividere le informazioni in più file, sostituendo l'ultimo carattere della IdClasseGen con un numero progressivo $x = "1,2,3,..."$, con l'ulteriore condizione che le informazioni relative a ciascuna IdClasse siano contenute solamente in uno di questi file e non siano suddivise in file diversi, per un medesimo foglio cartografico.

La convenzione sui nomi dei file ".DWG" relativi ai blocchi (simbologia) è la seguente:

- FxyIdClasse.DWG
- LTScala.LIN

Dove: xy individua un numero intero (2 cifre) identificativo del foglio cartografico a cui il file si riferisce, IdClasse è la codifica prevista e Scala è un numero intero che coincide con il denominatore della scala ("10000", "5000", ...).

La nomenclatura dei file ".DWG" contenenti i dati del rilievo per sezioni trasversali seguirà la seguente convenzione:

Xnin-nfin.DWG

Dove:

nin è il numero (intero a 3 cifre) relativo alla prima sezione contenuta nel file ".DWG"

nfn è il numero (intero a 3 cifre) relativo alla ultima sezione contenuta nel file ".DWG"



I nomi dei “layer” contenuti in tali file devono essere univocamente determinati e documentati dall'Appaltatore.

La nomenclatura dei file “.TXT” contenenti i dati del rilievo per sezioni trasversali seguirà la seguente convenzione:

Xnin-nfin.TXT

Dove:

nin è il numero (intero a 3 cifre) relativo alla prima sezione contenuta nel file “.TXT”

nfin è il numero (intero a 3 cifre) relativo alla ultima sezione contenuta nel file “.TXT”

Per le sezioni trasversali l'identificativo IdClasseGen è “SEZIONIX”.

10.2.1 Classi Cartografiche per la scala 1:10000

Le classi rappresentabili per la cartografia in scala 1:10000 sono le seguenti:

VIABILITA' PRINCIPALE

VIABILITA' SECONDARIA

FERROVIE

CONFINI AMMINISTRATIVI

TOPOGRAFIA

OROGRAFIA

IDROGRAFIA

FABBRICATI

OPERE PARTICOLARI

MURI

CONDOTTE

VEGETAZIONE



RECINZIONI

TOPONOMASTICA

DTM

VIABILITA' PRINCIPALE (1:10000)

IdClasseGen = viap0

descrizione	livello	entità	IdClasse	
autostrada	autostrade	polilinea	vi010d	
autostrada in costruzione		autostrade_c	polilinea	vi015d
autostrada in galleria		autostrade_g	polilinea	vi020d
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025d	
strada statale in costruzione		strade_statali_c	polilinea	vi030d
strada statale in galleria		strade_statali_g	polilinea	vi035d
casello autostradale		autostrade_caselli	punto/blocco	vi040d
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045d	
strada asfaltata in costruzione		strade_asfaltate_c	polilinea	vi050d
strada asfaltata in galleria		strade_asfaltate_g	polilinea	vi055d
ponte, viadotto, cavalcavia in cls		ponti_cls	polilinea	vi060d
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro		ponti_ferro	polilinea	vi065d
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura		ponti_muratura	polilinea	vi070d

VIABILITA' SECONDARIA (1:10000)

IdClasseGen = vias0

descrizione	livello	entità	IdClasse
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075d



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080d
sentiero	sentieri	polilinea	vi085d
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090d
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095d
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100d
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110d

FERROVIE (1:10000)

IdClasseGen = ferr0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010d
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020d
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030d
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040d
linea ferroviaria 1b in galleria	ferrovie_1b_g	polilinea	fs050d
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060d
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070d
passaggio a livello	pass_liv_fs	polilinea	fs080d

CONFINI AMMINISTRATIVI (1:10000)

IdClasseGen = coam0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

limite di Stato	limiti_stato	polilinea	ca010d
-----------------	--------------	-----------	--------



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

limite di Regione	limiti_regione	polilinea	ca020d
limite di Provincia	limiti_provincia	polilinea	ca025d
limite di Comune	limiti_comune	polilinea	ca030d
limite di zona archeologica	limiti_archeo	polilinea	ca040d
limite di parco nazionale	limiti_parco	polilinea	ca050d
limite compartimentale ANAS	limiti_anas	polilinea	ca060d

TOPOGRAFIA (1:10000)

IdClasseGen = topo0

descrizione	livello	entità	IdClasse
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010d
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020d
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030d
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040d
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050d
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060d

OROGRAFIA (1:10000)

IdClasseGen = orog0

descrizione	livello	entità	IdClasse
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010d
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015d
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020d
curva di livello direttrice (50 m)	curve_dir_50	polilinea	or025d



curva di livello ordinaria (10 m)	curve_ord_10	polilinea	or030d
curva di livello ausiliaria (5 m)	punto_aus_5	polilinea	or035d

IDROGRAFIA (1:10000)

IdClasseGen = idro0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

fiume, torrente fiumi		polilinea	id010d
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015d
fosso fossi		polilinea	id020d
fosso sotterraneo	fossi_st	polilinea	id025d
canale canali		polilinea	id030d
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035d
canale sotterraneo	canali_gp	polilinea	id040d
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045d
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050d
vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	punto/blocco	id055d
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	punto/blocco	id060d
palude paludi		polilinea	id065d
costa mare	coste_mare	polilinea	id070d
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075d

FABBRICATI (1:10000)

IdClasseGen = fabb0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010d
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015d



edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020d
rudere ruderi	polilinea	fa025d	
cortile, pertinenza di edifici	cortili	polilinea	fa030d
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035d
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040d
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045d
chiesa chiese	polilinea	fa050d	
campanile	campanili	polilinea	fa055d
torre torri	polilinea	fa060d	
serra serre	polilinea	fa065d	
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070d
silos silos	polilinea	fa075d	
ciminiera	ciminiere	polilinea	fa080d
divisione tetti edifici	edifici_tetti	polilinea	fa085d
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090d
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095d
baraccabaracche	polilinea	fa100d	

OPERE PARTICOLARI (1:10000)

IdClasseGen = oppa0

descrizione	livello	entità	IdClasse
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010d
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015d
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020d
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025d
stazione di servizio	stazioni_servizio	blocco	op030d



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035d	
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea		op040d
stazione, sottostazione elettricastazioni_el		blocco	op045d	
traliccio	tralicci	punto/blocco	op050d	
linea elettrica aerea	linee_el_aeree	polilinea	op055d	
serbatoio	serbatoi	blocco	op060d	
tettoia, pensilina	tettoie	polilinea	op065d	

MURI (1:10000)

IdClasseGen = muri0

descrizione livello entità IdClasse

muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010d	
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020d	
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030d	
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040d	

CONDOTTE (1:10000)

IdClasseGen = cond0

descrizione livello entità IdClasse

gasdotto, metanodotto sotterraneo	gasdotti_st	polilinea	cd010d	
gasdotto, metanodotto superficie	gasdotti_su	polilinea	cd015d	
gasdotto, metanodotto diruto	gasdotti_dir	polilinea	cd020d	
oleodotto sotterraneo	oleodotti_st	polilinea	cd025d	



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

oleodotto superficie	oleodotti_su	polilinea	cd030d
oleodotto diruto	oleodotti_dir	polilinea	cd035d
acquedotto sotterraneo	acquedotti_st	polilinea	cd040d
acquedotto superficie	acquedotti_su	polilinea	cd045d
acquedotto diruto	acquedotti_dir	polilinea	cd050d
elettrodotto sotterraneo	elettrodotti_st	polilinea	cd055d
elettrodotto superficie	elettrodotti_su	polilinea	cd060d
elettrodotto diruto	elettrodotti_dir	polilinea	cd065d

VEGETAZIONE (1:10000)

IdClasseGen = vege0

descrizione	livello	entità	IdClasse
bosco (limite)	boschi_lim	polilinea	ve010d
coltura (limite)	colture_lim	polilinea	ve020d
frutteto/frutteti		polilinea	ve030d
agrumeto	agrumeti	polilinea	ve040d
oliveto	oliveti	polilinea	ve050d
vigneto	vigneti	polilinea	ve060d
risaia	risaie	polilinea	ve070d
parco, giardino	giardini	polilinea	ve080d
albero isolato	alberi	punto/blocco	ve090d

RECINZIONI (1:10000)

IdClasseGen = reci0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

muro di recinzione	recinzioni_m	polilinea	re010d
rete di recinzione	recinzioni_r	polilinea	re020d
cancello	cancelli	polilinea	re030d
siepe	siepi	polilinea	re040d

TOPONOMASTICA (1:10000)

IdClasseGen = nomi0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

viabilità	nomi_viabilità	punto/stringa	no010d
ferrovie	nomi_fsp	punto/stringa	no020d
confini amministrativi	nomi_confini	punto/stringa	no030d
topografia	nomi_topografia	punto/stringa	no040d
orografia	nomi_orografia	punto/stringa	no050d
idrografia	nomi_idrografia	punto/stringa	no060d
fabbricati	nomi_fabbricati	punto/stringa	no070d
opere particolari	nomi_opere	punto/stringa	no080d
muri	nomi_muri	punto/stringa	no090d
condotte	nomi_condotte	punto/stringa	no100d
vegetazione	nomi_vegetazione	punto/stringa	no110d

DTM (1:10000)

IdClasseGen = DTM0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------



autostrada	autostrade	polilinea	vi010d	
autostrada in costruzione		autostrade_c	polilinea	vi015d
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025d	
strada statale in costruzione		strade_statali_c	polilinea	vi030d
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045d	
strada asfaltata in costruzione		strade_asfaltate_c	polilinea	vi050d
ponte, viadotto, cavalcavia in cls		ponti_cls	polilinea	vi060d
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro		ponti_ferro	polilinea	vi065d
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura		ponti_muratura	polilinea	vi070d
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075d	
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080d	
sentiero	sentieri	polilinea	vi085d	
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090d	
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095d	
sottopassaggio stradale		sottopassaggi_s	polilinea	vi100d
sottopassaggio pedonale		sottopassaggi_p	polilinea	vi110d
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010d	
linea ferroviaria 2b in costruzione		ferrovie_2b_c	polilinea	fs030d
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040d	
linea ferroviaria 1b in galleria		ferrovie_1b_g	polilinea	fs050d
linea ferroviaria 1b in costruzione		ferrovie_1b_c	polilinea	fs060d
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070d	
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010d	
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020d	
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030d	
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040d	
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050d	



punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060d
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010d
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015d
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020d
curva di livello direttrice (50 m)	curve_dir_50	polilinea	or025d
curva di livello ordinaria (10 m)	curve_ord_10	polilinea	or030d
curva di livello ausiliaria (5 m)	punto_aus_5	polilinea	or035d
fiume, torrente fiumi	polilinea	id010d	
canale canali	polilinea	id030d	
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035d
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045d
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050d
palude paludi	polilinea	id065d	
costa mare	coste_mare	polilinea	id070d
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075d
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010d
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015d
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020d
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025d
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035d
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040d

Nota: per i poligoni chiusi le coordinate del punto finale devono essere ripetute e coincidenti con quelle del punto iniziale (se n è il numero dei lati del poligono il numero dei punti deve essere pari a $n+1$).

10.2.2 Classi Cartografiche per la scala 1:5000

Le classi rappresentabili per la cartografia in scala 1:5000 sono le seguenti:



VIABILITA' PRINCIPALE

VIABILITA' SECONDARIA

FERROVIE

CONFINI AMMINISTRATIVI

TOPOGRAFIA

OROGRAFIA

IDROGRAFIA

FABBRICATI

OPERE PARTICOLARI

MURI

CONDOTTE

VEGETAZIONE

RECINZIONI

TOPONOMASTICA

DTM

VIABILITA' PRINCIPALE (1:5000)

IdClasseGen = viap0

descrizione	livello	entità	IdClasse	
autostrada	autostrade	polilinea	vi010e	
autostrada in costruzione		autostrade_c	polilinea	vi015e
autostrada in galleria		autostrade_g	polilinea	vi020e
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025e	
strada statale in costruzione		strade_statali_c	polilinea	vi030e
strada statale in galleria		strade_statali_g	polilinea	vi035e
casello autostradale		autostrade_caselli	punto/blocco	vi040e
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045e	



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050e
strada asfaltata in galleria	strade_asfaltate_g	polilinea	vi055e
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060e
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065e
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070e

VIABILITA' SECONDARIA (1:5000)

IdClasseGen = vias0

descrizione	livello	entità	IdClasse
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075e
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080e
sentiero	sentieri	polilinea	vi085e
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090e
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095e
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100e
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110e

FERROVIE (1:5000)

IdClasseGen = ferr0

descrizione	livello	entità	IdClasse
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010e
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020e
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030e



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040e
linea ferroviaria 1b in galleria	ferrovie_1b_g	polilinea	fs050e
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060e
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070e
passaggio a livello	pass_liv_fs	polilinea	fs080e

CONFINI AMMINISTRATIVI (1:5000)

IdClasseGen = coam0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

limite di Stato	limiti_stato	polilinea	ca010e
limite di Regione	limiti_regione	polilinea	ca020e
limite di Provincia	limiti_provincia	polilinea	ca025e
limite di Comune	limiti_comune	polilinea	ca030e
limite di zona archeologica	limiti_archeo	polilinea	ca040e
limite di parco nazionale	limiti_parco	polilinea	ca050e
limite compartimentale ANAS	limiti_anas	polilinea	ca060e

TOPOGRAFIA (1:5000)

IdClasseGen = topo0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010e
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020e



vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030e
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040e
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050e
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060e

OROGRAFIA (1:5000)

IdClasseGen = orog0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010e
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015e
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020e
curva di livello direttrice (25 m)	curve_dir_25	polilinea	or025e
curva di livello ordinaria (5 m)	curve_ord_10	polilinea	or030e
curva di livello ausiliaria (2,5 m)	punto_aus_2	polilinea	or035e

IDROGRAFIA (1:5000)

IdClasseGen = idro0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

fiume, torrente fiumi	polilinea		id010e
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015e
fosso fossi	polilinea		id020e
fosso sotterraneo	fossi_st	polilinea	id025e
canale canali	polilinea		id030e



canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035e
canale sotterraneo	canali_gpolilinea		id040e
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045e
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050e
vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	punto/blocco	id055e
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	punto/blocco	id060e
palude paludi	polilinea		id065e
costa mare	coste_mare	polilinea	id070e
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075e

FABBRICATI (1:5000)

IdClasseGen = fabb0

descrizione	livello	entità	IdClasse
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010e
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015e
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020e
rudere ruderi	polilinea		fa025e
cortile, pertinenza di edifici	cortili	polilinea	fa030e
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035e
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040e
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045e
chiesa chiese	polilinea		fa050e
campanile campanili	polilinea		fa055e
torre torri	polilinea		fa060e
serra serre	polilinea		fa065e
cimitero cimiteri	polilinea		fa070e



silos	silos	polilinea	fa075e	
ciminiera	ciminiere	polilinea	fa080e	
divisione tetti edifici	edifici_tetti	polilinea	fa085e	
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090e	
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095e	
baraccabaracche	polilinea	fa100e		

OPERE PARTICOLARI (1:5000)

IdClasseGen = oppa0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010e	
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015e	
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020e	
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025e	
stazione di servizio	stazioni_servizio	blocco	op030e	
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035e	
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040e	
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	blocco	op045e	
tralicci	punto/blocco	op050e		
linea elettrica aerea	linee_el_aeree	polilinea	op055e	
serbatoio	serbatoi	blocco	op060e	
tettoia, pensilina	tettoie	polilinea	op065e	

MURI (1:5000)

IdClasseGen = muri0



descrizione	livello	entità	IdClasse
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010e
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020e
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030e
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040e

CONDOTTE (1:5000)

IdClasseGen = cond0

descrizione	livello	entità	IdClasse
gasdotto, metanodotto sotterraneo	gasdotti_st	polilinea	cd010e
gasdotto, metanodotto superficie	gasdotti_su	polilinea	cd015e
gasdotto, metanodotto diruto	gasdotti_dir	polilinea	cd020e
oleodotto sotterraneo	oleodotti_st	polilinea	cd025e
oleodotto superficie	oleodotti_su	polilinea	cd030e
oleodotto diruto	oleodotti_dir	polilinea	cd035e
acquedotto sotterraneo	acquedotti_st	polilinea	cd040e
acquedotto superficie	acquedotti_su	polilinea	cd045e
acquedotto diruto	acquedotti_dir	polilinea	cd050e
elettrodotto sotterraneo	elettrodotti_st	polilinea	cd055e
elettrodotto superficie	elettrodotti_su	polilinea	cd060e
elettrodotto diruto	elettrodotti_dir	polilinea	cd065e

VEGETAZIONE (1:5000)



IdClasseGen = vege0

descrizione	livello	entità	IdClasse
bosco (limite)	boschi_lim	polilinea	ve010e
coltura (limite)	colture_lim	polilinea	ve020e
frutteto	frutteti	polilinea	ve030e
agrumeto	agrumeti	polilinea	ve040e
oliveto	oliveti	polilinea	ve050e
vigneto	vigneti	polilinea	ve060e
risaia	risaie	polilinea	ve070e
parco, giardino	giardini	polilinea	ve080e
albero isolato	alberi	punto/blocco	ve090e

RECINZIONI (1:5000)

IdClasseGen = reci0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro di recinzione	recinzioni_m	polilinea	re010e
rete di recinzione	recinzioni_r	polilinea	re020e
cancello	cancelli	polilinea	re030e
siepe	siepi	polilinea	re040e

TOPONOMASTICA (1:5000)

IdClasseGen = nomi0



descrizione	livello	entità	IdClasse
viabilità nomi_viabilità	punto/stringa	no010e	
ferrovie nomi_fs	punto/stringa	no020e	
confini amministrativi nomi_confini	punto/stringa	no030e	
topografia nomi_topografia	punto/stringa	no040e	
orografia nomi_orografia	punto/stringa	no050e	
idrografia nomi_idrografia	punto/stringa	no060e	
fabbricati nomi_fabbricati	punto/stringa	no070e	
opere particolari nomi_opere	punto/stringa	no080e	
muri nomi_muri	punto/stringa	no090e	
condotte nomi_condotte	punto/stringa	no100e	
vegetazione nomi_vegetazione	punto/stringa	no110e	

DTM (1:5000)

IdClasseGen = DTM0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010e
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015e
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025e
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030e
casello autostradale	autostrade_caselli	punto/blocco	vi040e
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045e
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050e
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060e
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065e



ponete, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070e
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075e
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080e
sentiero	sentieri	polilinea	vi085e
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090e
ponete in legno	ponti_legno	polilinea	vi095e
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_spolilinea	polilinea	vi100e
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110e
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010e
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030e
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040e
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060e
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070e
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010e
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020e
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030e
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040e
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050e
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060e
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010e
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015e
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020e
curva di livello direttrice (25 m)	curve_dir_25	polilinea	or025e
curva di livello ordinaria (5 m)	curve_ord_10	polilinea	or030e
curva di livello ausiliaria (2,5 m)	punto_aus_2	polilinea	or035e
fiume, torrente fiumi	polilinea	id010e	
fosso fossi	polilinea	id020e	
canale canali	polilinea	id030e	



canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035e
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045e
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050e
palude paludi	polilinea	id065e	
costa mare	coste_mare	polilinea	id070e
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075e
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010e
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015e
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020e
rudere ruderi	polilinea	fa025e	
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035e
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040e
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045e
serra serre	polilinea	fa065e	
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070e
silos	silos	polilinea	fa075e
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090e
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095e
baraccabaracche	polilinea	fa100e	
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010e
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015e
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020e
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025e
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035e
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040e
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010e
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020e
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030e
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040e



Nota: per i poligoni chiusi le coordinate del punto finale devono essere ripetute e coincidenti con quelle del punto iniziale (se n è il numero dei lati del poligono il numero dei punti deve essere pari a $n+1$).

10.2.3 Classi Cartografiche per la scala 1:2000

Le classi rappresentabili per la cartografia in scala 1:2000 sono le seguenti:

VIABILITA' PRINCIPALE

VIABILITA' SECONDARIA

FERROVIE

CONFINI AMMINISTRATIVI

TOPOGRAFIA

OROGRAFIA

IDROGRAFIA

FABBRICATI

OPERE PARTICOLARI

MURI

CONDOTTE

VEGETAZIONE

RECINZIONI

TOPONOMASTICA

DTM

VIABILITA' PRINCIPALE (1:2000)

IdClasseGen = viap0

descrizione livello entità IdClasse



autostrada	autostrade	polilinea	vi010f	
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015f	
autostrada in galleria	autostrade_g	polilinea	vi020f	
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025f	
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030f	
strada statale in galleria	strade_statali_g	polilinea	vi035f	
casello autostradale	autostrade_caselli	polilinea	vi040f	
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045f	
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050f	
strada asfaltata in galleria	strade_asfaltate_g	polilinea	vi055f	
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060f	
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065f	
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070f	

VIABILITA' SECONDARIA (1:2000)

IdClasseGen = vias0

descrizione	livello	entità	IdClasse	
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075f	
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080f	
sentiero	sentieri	polilinea	vi085f	
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090f	
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095f	
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100f	
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110f	
marciapiede	marciapiedi	polilinea	vi115f	



FERROVIE (1:2000)

IdClasseGen = ferr0

descrizione	livello	entità	IdClasse
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010f
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020f
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030f
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040f
linea ferroviaria 1b in galleria	ferrovie_1b_g	polilinea	fs050f
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060f
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070f
passaggio a livello	pass_liv_fs	polilinea	fs080f
banchina	banchine	polilinea	fs085f

CONFINI AMMINISTRATIVI (1:2000)

IdClasseGen = coam0

descrizione	livello	entità	IdClasse
limite di Stato	limiti_stato	polilinea	ca010f
limite di Regione	limiti_regione	polilinea	ca020f
limite di Provincia	limiti_provincia	polilinea	ca025f
limite di Comune	limiti_comune	polilinea	ca030f
limite di zona archeologica	limiti_archeo	polilinea	ca040f
limite di parco nazionale	limiti_parco	polilinea	ca050f
limite compartimentale ANAS	limiti_anas	polilinea	ca060f



TOPOGRAFIA (1:2000)

IdClasseGen = topo0

descrizione	livello	entità	IdClasse
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010f
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020f
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030f
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040f
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050f
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060f

OROGRAFIA (1:2000)

IdClasseGen = orog0

descrizione	livello	entità	IdClasse
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010f
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015f
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020f
curva di livello direttrice (10 m)	curve_dir_10	polilinea	or025f
curva di livello ordinaria (2 m)	curve_ord_2	polilinea	or030f
curva di livello ausiliaria (1 m)	punto_aus_1	polilinea	or035f

IDROGRAFIA (1:2000)

IdClasseGen = idro0



descrizione	livello	entità	IdClasse
fiume, torrente fiumi	polilinea		id010f
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015f
fosso fossi	polilinea		id020f
fosso sotterraneo	fossi_st	polilinea	id025f
canale canali	polilinea		id030f
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035f
canale sotterraneo	canali_g	polilinea	id040f
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045f
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050f
vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	polilinea	id055f
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	polilinea	id060f
palude paludi	polilinea		id065f
costa mare	coste_mare	polilinea	id070f
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075f

FABBRICATI (1:2000)

IdClasseGen = fabb0

descrizione	livello	entità	IdClasse
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010f
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015f
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020f
rudere ruderi	polilinea		fa025f
cortile, pertinenza di edifici	cortili	polilinea	fa030f
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035f



edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040f
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045f
chiesa chiese	polilinea	fa050f	
campanile campanili	polilinea	fa055f	
torre torri	polilinea	fa060f	
serra serre	polilinea	fa065f	
cimitero cimiteri	polilinea	fa070f	
silos silos	polilinea	fa075f	
ciminiera ciminiere	polilinea	fa080f	
divisione tetti edifici	edifici_tetti	polilinea	fa085f
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090f
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095f
baraccabaracche	polilinea	fa100f	

OPERE PARTICOLARI (1:2000)

IdClasseGen = oppa0

descrizione	livello	entità	IdClasse
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010f
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015f
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020f
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025f
stazione di servizio	stazioni_servizio	polilinea	op030f
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035f
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040f
stazione, sottostazione elettricastazioni_el	polilinea	op045f	
traliccio	tralicci	polilinea	op050f



linea elettrica aerea	linee_el_aeree	polilinea	op055f
serbatoio	serbatoi	polilinea	op060f
tettoia, pensilina	tettoie	polilinea	op065f

MURI (1:2000)

IdClasseGen = muri0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010f
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020f
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030f
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040f

CONDOTTE (1:2000)

IdClasseGen = cond0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

gasdotto, metanodotto sotterraneo	gasdotti_st	polilinea	cd010f
gasdotto, metanodotto superficie	gasdotti_su	polilinea	cd015f
gasdotto, metanodotto diruto	gasdotti_dir	polilinea	cd020f
oleodotto sotterraneo	oleodotti_st	polilinea	cd025f
oleodotto superficie	oleodotti_su	polilinea	cd030f
oleodotto diruto	oleodotti_dir	polilinea	cd035f
acquedotto sotterraneo	acquedotti_st	polilinea	cd040f
acquedotto superficie	acquedotti_su	polilinea	cd045f



acquedotto diruto	acquedotti_dir	polilinea	cd050f
elettrodotto sotterraneo	elettrodotti_st	polilinea	cd055f
elettrodotto superficie	elettrodotti_su	polilinea	cd060f
elettrodotto diruto	elettrodotti_dir	polilinea	cd065f

VEGETAZIONE (1:2000)

IdClasseGen = vege0

descrizione	livello	entità	IdClasse
bosco (limite)	boschi_lim	polilinea	ve010f
coltura (limite)	colture_lim	polilinea	ve020f
frutteto frutteti		polilinea	ve030f
agrumeto	agrumeti	polilinea	ve040f
oliveto	oliveti	polilinea	ve050f
vigneto	vigneti	polilinea	ve060f
risaia	risaie	polilinea	ve070f
parco, giardino	giardini	polilinea	ve080f
albero isolato	alberi	punto/blocco	ve090f

RECINZIONI (1:2000)

IdClasseGen = reci0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro di recinzione	recinzioni_m	polilinea	re010f
rete di recinzione	recinzioni_r	polilinea	re020f



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

cancello cancelli polilinea re030f

siepe siepi polilinea re040f

TOPONOMASTICA (1:2000)

IdClasseGen = nomi0

descrizione livello entità IdClasse

viabilità nomi_viabilità punto/stringa no010f

ferrovie nomi_fs punto/stringa no020f

confini amministrativi nomi_confini punto/stringa no030f

topografia nomi_topografia punto/stringa no040f

orografia nomi_orografia punto/stringa no050f

idrografia nomi_idrografia punto/stringa no060f

fabbricati nomi_fabbricati punto/stringa no070f

opere particolari nomi_opere punto/stringa no080f

muri nomi_muri punto/stringa no090f

condotte nomi_condotte punto/stringa no100f

vegetazione nomi_vegetazione punto/stringa no110f

DTM (1:2000)

IdClasseGen = DTM0

descrizione livello entità IdClasse

autostrada autostrade polilinea vi010f

autostrada in costruzione autostrade_c polilinea vi015f



strada statale	strade_statali	polilinea	vi025f	
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030f	
casello autostradale	autostrade_caselli	polilinea	vi040f	
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045f	
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050f	
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060f	
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065f	
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070f	
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075f	
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080f	
sentiero	sentieri	polilinea	vi085f	
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090f	
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095f	
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100f	
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110f	
marciapiede	marciapiedi	polilinea	vi115f	
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010f	
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020f	
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030f	
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040f	
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060f	
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070f	
passaggio a livello	pass_liv_fs	polilinea	fs080f	
banchina	banchine	polilinea	fs085f	
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010f	
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020f	
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030f	
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040f	



caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050f
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060f
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010f
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015f
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020f
curva di livello direttrice (10 m)	curve_dir_10	polilinea	or025f
curva di livello ordinaria (2 m)	curve_ord_2	polilinea	or030f
curva di livello ausiliaria (1 m)	punto_aus_1	polilinea	or035f
fiume, torrente fiumi	polilinea	id010f	
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015f
fosso fossi	polilinea	id020f	
canale canali	polilinea	id030f	
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035f
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045f
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050f
vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	polilinea	id055f
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	polilinea	id060f
palude paludi	polilinea	id065f	
costa mare	coste_mare	polilinea	id070f
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075f
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010f
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015f
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020f
rudere ruderi	polilinea	fa025f	
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035f
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040f
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045f
serra serre	polilinea	fa065f	
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070f



silos	silos	polilinea	fa075f	
ciminiera	ciminiere	polilinea	fa080f	
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090f	
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095f	
baraccabaracche		polilinea	fa100f	
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010f	
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015f	
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020f	
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025f	
stazione di servizio	stazioni_servizio	polilinea	op030f	
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035f	
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040f	
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	polilinea	op045f	
tettoia, pensilina	tettoie	polilinea	op065f	
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010f	
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020f	
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030f	
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040f	

Nota: per i poligoni chiusi le coordinate del punto finale devono essere ripetute e coincidenti con quelle del punto iniziale (se n è il numero dei lati del poligono il numero dei punti deve essere pari a n+1).

10.2.4 Classi Cartografiche per la scala 1:1000

Le classi rappresentabili per la cartografia in scala 1:1000 sono le seguenti:

VIABILITA' PRINCIPALE

VIABILITA' SECONDARIA

FERROVIE



CONFINI AMMINISTRATIVI

TOPOGRAFIA

OROGRAFIA

IDROGRAFIA

FABBRICATI

OPERE PARTICOLARI

MURI

CONDOTTE

VEGETAZIONE

RECINZIONI

TOPONOMASTICA

DTM

VIABILITA' PRINCIPALE (1:1000)

IdClasseGen = viap0

descrizione	livello	entità	IdClasse	
autostrada	autostrade	polilinea	vi010g	
autostrada in costruzione		autostrade_c	polilinea	vi015g
autostrada in galleria		autostrade_g	polilinea	vi020g
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025g	
strada statale in costruzione		strade_statali_c	polilinea	vi030g
strada statale in galleria		strade_statali_g	polilinea	vi035g
casello autostradale		autostrade_caselli	polilinea	vi040g
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045g	
strada asfaltata in costruzione		strade_asfaltate_c	polilinea	vi050g
strada asfaltata in galleria		strade_asfaltate_g	polilinea	vi055g
ponte, viadotto, cavalcavia in cls		ponti_cls	polilinea	vi060g



ponte, viadotto, cavalcavia in ferro ponti_ferro polilinea vi065g
ponte, viadotto, cavalcavia in ponti_muratura polilinea vi070g
muratura

VIABILITA' SECONDARIA (1:1000)

IdClasseGen = vias0

descrizione	livello	entità	IdClasse
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075g
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080g
sentiero	sentieri	polilinea	vi085g
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090g
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095g
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100g
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110g
marciapiede	marciapiedi	polilinea	vi115g

FERROVIE (1:1000)

IdClasseGen = ferr0

descrizione	livello	entità	IdClasse
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010g
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020g
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030g
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040g



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

linea ferroviaria 1b in galleria	ferrovie_1b_g	polilinea	fs050g
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060g
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070g
passaggio a livello	pass_liv_fs	polilinea	fs080g
banchina	banchine	polilinea	fs085g

CONFINI AMMINISTRATIVI (1:1000)

IdClasseGen = coam0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

limite di Stato	limiti_stato	polilinea	ca010g
limite di Regione	limiti_regione	polilinea	ca020g
limite di Provincia	limiti_provincia	polilinea	ca025g
limite di Comune	limiti_comune	polilinea	ca030g
limite di zona archeologica	limiti_archeo	polilinea	ca040g
limite di parco nazionale	limiti_parco	polilinea	ca050g
limite compartimentale ANAS	limiti_anas	polilinea	ca060g

TOPOGRAFIA (1:1000)

IdClasseGen = topo0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010g
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020g
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030g



caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040g
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050g
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060g

OROGRAFIA (1:1000)

IdClasseGen = orog0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/blocco	or010g
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015g
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020g
curva di livello direttrice (10 m)	curve_dir_10	polilinea	or025g
curva di livello ordinaria (2 m)	curve_ord_2	polilinea	or030g
curva di livello ausiliaria (1 m)	punto_aus_1	polilinea	or035g

IDROGRAFIA (1:1000)

IdClasseGen = idro0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

fiume, torrente fiumi	polilinea		id010g
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015g
fosso fossi	polilinea		id020g
fosso sotterraneo	fossi_st	polilinea	id025g
canale canali	polilinea		id030g
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035g



canale sotterraneo	canali_gpolilinea		id040g
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045g
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050g
vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	polilinea	id055g
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	polilinea	id060g
palude paludi	polilinea		id065g
costa mare	coste_mare	polilinea	id070g
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075g

FABBRICATI (1:1000)

IdClasseGen = fabb0

descrizione	livello	entità	IdClasse
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010g
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015g
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020g
rudere ruderi	polilinea		fa025g
cortile, pertinenza di edifici	cortili	polilinea	fa030g
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035g
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040g
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045g
chiesa chiese	polilinea		fa050g
campanile campanili	polilinea		fa055g
torre torri	polilinea		fa060g
serra serre	polilinea		fa065g
cimitero cimiteri	polilinea		fa070g
silos silos	polilinea		fa075g



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

ciminiera	ciminiere	polilinea	fa080g
divisione tetti edifici	edifici_tetti	polilinea	fa085g
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090g
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095g
baraccabaracche	polilinea	fa100g	

OPERE PARTICOLARI (1:1000)

IdClasseGen = oppa0

descrizione	livello	entità	IdClasse
centrale elettrica (limite)		centrali_el_lim	polilinea op010g
aeroporto (limite)		aeroporti_lim	polilinea op015g
eliporto (limite)		eliporti_lim	polilinea op020g
porto (limite)		porti_lim	polilinea op025g
stazione di servizio		stazioni_servizio	polilinea op030g
campeggio (limite)		campeggi_lim	polilinea op035g
impianto sportivo (limite)		impianti_sport_lim	polilinea op040g
stazione, sottostazione elettricastazioni_el			polilinea op045g
traliccio		tralicci	polilinea op050g
linea elettrica aerea		linee_el_aeree	polilinea op055g
serbatoio		serbatoi	polilinea op060g
tettoia, pensilina		tettoie	polilinea op065g

MURI (1:1000)

IdClasseGen = muri0



descrizione	livello	entità	IdClasse
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010g
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020g
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030g
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040g

CONDOTTE (1:1000)

IdClasseGen = cond0

descrizione	livello	entità	IdClasse
gasdotto, metanodotto sotterraneo	gasdotti_st	polilinea	cd010g
gasdotto, metanodotto superficie	gasdotti_su	polilinea	cd015g
gasdotto, metanodotto diruto	gasdotti_dir	polilinea	cd020g
oleodotto sotterraneo	oleodotti_st	polilinea	cd025g
oleodotto superficie	oleodotti_su	polilinea	cd030g
oleodotto diruto	oleodotti_dir	polilinea	cd035g
acquedotto sotterraneo	acquedotti_st	polilinea	cd040g
acquedotto superficie	acquedotti_su	polilinea	cd045g
acquedotto diruto	acquedotti_dir	polilinea	cd050g
elettrodotto sotterraneo	elettrodotti_st	polilinea	cd055g
elettrodotto superficie	elettrodotti_su	polilinea	cd060g
elettrodotto diruto	elettrodotti_dir	polilinea	cd065g



VEGETAZIONE (1:1000)

IdClasseGen = vege0

descrizione	livello	entità	IdClasse
bosco (limite)	boschi_lim	polilinea	ve010g
coltura (limite)	colture_lim	polilinea	ve020g
frutteto frutteti	polilinea	ve030g	
agrumeto	agrumeti	polilinea	ve040g
oliveto	oliveti	polilinea	ve050g
vigneto	vigneti	polilinea	ve060g
risaia	risaie	polilinea	ve070g
parco, giardino	giardini	polilinea	ve080g
albero isolato	alberi	punto/blocco	ve090g

RECINZIONI (1:1000)

IdClasseGen = reci0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro di recinzione	recinzioni_m	polilinea	re010g
rete di recinzione	recinzioni_r	polilinea	re020g
cancello	cancelli	polilinea	re030g
siepe	siepi	polilinea	re040g

TOPONOMASTICA (1:1000)



IdClasseGen = nomi0

descrizione	livello	entità	IdClasse
viabilità	nomi_viabilità	punto/stringa	no010g
ferrovie	nomi_fs	punto/stringa	no020g
confini amministrativi	nomi_confini	punto/stringa	no030g
topografia	nomi_topografia	punto/stringa	no040g
orografia	nomi_orografia	punto/stringa	no050g
idrografia	nomi_idrografia	punto/stringa	no060g
fabbricati	nomi_fabbricati	punto/stringa	no070g
opere particolari	nomi_opere	punto/stringa	no080g
muri	nomi_muri	punto/stringa	no090g
condotte	nomi_condotte	punto/stringa	no100g
vegetazione	nomi_vegetazione	punto/stringa	no110g

DTM (1:1000)

IdClasseGen = DTM0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010f
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015f
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025f
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030f
casello autostradale	autostrade_caselli	polilinea	vi040f
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045f
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050f
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060f



ponete, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065f
ponete, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070f
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075f
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080f
sentiero	sentieri	polilinea	vi085f
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090f
ponete in legno	ponti_legno	polilinea	vi095f
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100f
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110f
marciapiede	marciapiedi	polilinea	vi115f
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010f
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030f
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040f
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060f
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070f
banchina	banchine	polilinea	fs085f
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010f
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020f
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030f
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040f
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050f
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060f
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010f
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015f
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020f
curva di livello direttrice (10 m)	curve_dir_10	polilinea	or025f
curva di livello ordinaria (2 m)	curve_ord_2	polilinea	or030f
curva di livello ausiliaria (1 m)	punto_aus_1	polilinea	or035f



fiume, torrente fiumi	polilinea	id010f	
fosso fossi	polilinea	id020f	
canale canali	polilinea	id030f	
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035f
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045f
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050f
palude paludi	polilinea	id065f	
costa mare	coste_mare	polilinea	id070f
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075f
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010f
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015f
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020f
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035f
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040f
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045f
serra serre	polilinea	fa065f	
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070f
silos silos	polilinea	fa075f	
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090f
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095f
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010f
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015f
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020f
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025f
stazione di servizio	stazioni_servizio	polilinea	op030f
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035f
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040f
stazione, sottostazione elettricastazioni_el	polilinea	op045f	
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010f



muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020f
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030f
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040f

Nota: per i poligoni chiusi le coordinate del punto finale devono essere ripetute e coincidenti con quelle del punto iniziale (se n è il numero dei lati del poligono il numero dei punti deve essere pari a n+1).

10.3 PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLA CARTOGRAFIA

NUMERICA

Le entità cartografiche classificate in base a quanto descritto nei paragrafi precedenti dovranno essere rappresentate con le modalità grafiche sotto definite.

Comunque la Direzione per l'Esecuzione del Contratto si riserva la facoltà di fornire all'Appaltatore le librerie aggiornate delle linee e dei simboli in fase di consegna dei lavori.

VIABILITA' PRINCIPALE

Autostrada

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,20		autostrade	
0,20		in costruzione	autostrade_c
0,20		in galleria	autostrade_g

Strada Statale

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

0,20 strade_statali

0,20 in costruzione strade_statali_c

0,20 in galleria strade_statali_g

Casello autostradale

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 autostrade_caselli

Ponte, viadotto, cavalcavia in cls e muratura (rilievo a misura per luci superiori a 2m)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 ponti_cls, ponti_muratura

0,13 pile ponti_cls, ponti_muratura

0,25 spalle ponti_cls, ponti_muratura

0,13 luce ponti_cls, ponti_muratura

Ponte, viadotto, cavalcavia in ferro (rilievo a misura per luci superiori a 2m)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 ponti_ferro

0,13 pile ponti_ferro



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

0,25 spalle ponti_ferro

0,13 luce ponti_ferro

Strada asfaltata

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,15 strade_asfaltate

0,15 in costruzione strade_asfaltate_c

0,15 in galleria strade_asfaltate_g

VIABILITA' SECONDARIA

Strada non asfaltata

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,15 strade_n_asfaltate

Strada campestre (si rileva e si rappresenta il solo asse)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 strade_campestri



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

Sentiero (si rileva e si rappresenta il solo asse)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,25		sentieri	

Mulattiera (si rileva e si rappresenta il solo asse)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,25		mulattiere	

Ponte in legno

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,25		ponti_legno	

Sottopassaggio stradale

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,13		sottopassaggi_s	

Sottopassaggio pedonale

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,13		sottopassaggi_p	



Marciapiede

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
	0,15	marciapiedi	

FERROVIE

Linea ferroviaria a doppio binario (rilevare planimetricamente la rotaia di sinistra; il rilievo altimetrico, nei tratti in curva, dovrà essere riferito alla rotaia interna alla curva e associato all'asse)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
	0,15	ferrovie_2b	
	0,15	in costruzione	ferrovie_2b_c
	0,15	in galleria	ferrovie_2b_g

Linea ferroviaria a singolo binario (rilevare planimetricamente la rotaia di sinistra; il rilievo altimetrico, nei tratti in curva, dovrà essere riferito alla rotaia interna alla curva e associato all'asse)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
	0,15	ferrovie_1b	
	0,15	in costruzione	ferrovie_1b_c
	0,15	in galleria	ferrovie_1b_g



Stazione ferroviaria

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,25		stazioni_fs	
------	--	-------------	--

Passaggio a livello

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,13		pass_liv_fs	
------	--	-------------	--

Limite banchina

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,15		limiti_banchine	
------	--	-----------------	--

CONFINI AMMINISTRATIVI

Limite di Stato

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

+++++	0,35		limiti_stato
-------	------	--	--------------

Limite di Regione



Caposaldo di livellazione IGMI (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,20		capisaldi_igm	
------	--	---------------	--

127.59

(altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)

Caposaldo di livellazione ANAS (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,20		capisaldi_anas	
------	--	----------------	--

127.59

(altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)

Punto fotografico di appoggio (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,20		punto_foto_app	
------	--	----------------	--

127.59

(altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)

OROGRAFIA

Punto quotato da restituzione (quota rappresentata con 2 cifre decimali)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------



• 0,20 punto_quotato

127.59

(altezza carattere = 2 mm, font ROMANS)

Scarpata ciglio rappresentabile

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
.....	0,25		scarpata_ciglio

Scarpata piede rappresentabile

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
	0,25		scarpata_piede

Curva di livello direttrice

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
	0,25		curve_dir

Curva di livello ordinaria

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
	0,15		curve_ord



Curva di livello ausiliaria

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
	0,15	curve_aus	

IDROGRAFIA

Fiume, torrente (Con larghezza del letto non rappresentabile se minore a 1 m; va rappresentata simbolicamente la direzione della corrente)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
	0,25	fiumi	
	0,25	sotterraneo	fiumi_st

Fosso (Con larghezza del letto non rappresentabile se minore a 1 m; va rappresentata simbolicamente la direzione della corrente)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
	0,20	fossi	
	0,20	sotterraneo	fossi_st

Canale (Con larghezza del letto non rappresentabile se minore a 1 m; va rappresentata simbolicamente la direzione della corrente)



rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,20	canali		
0,20	sopraelevato	canali_sp	
0,20	in galleria	canali_g	

Diga (Con larghezza del letto non rappresentabile se minore a 1 m. Il rilievo è simbolico: si rileva l'asse del letto. Si determina la direzione della corrente, che va rappresentata con l'uso del simbolo).

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
.....	0,15	in terra dighe_t	
0,25	in cemento	dighe_cls	

Vasche, cisterne, abbeveratoi

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,20	vasche		

Pozzo, fontana, sorgente

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,20	pozzi		



Palude

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,25		paludi	

Costa

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,25		mare	coste_mare
0,25		lago	coste_laghi

FABBRICATI

(La rappresentazione grafica delle entità di tipo "piede" è prevista solo per le scale 1:1000, 1:500, 1:200)

Edificio civile

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,25		edifici_civ	
0,25		in costruzione	edifici_civ_c



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

0,25 diruti edifici_civ_r

Rudere

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 ruderi

Cortile, pertinenza di edifici

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 cortili

Edificio industriale

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 edifici_ind

0,25 in costruzione edifici_ind_c

0,25 diruti edifici_ind_r

Chiesa

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 chiese

Campanile

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

0,25 campanili

Torre

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 torri

Serra

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,15 serre

Cimitero

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 cimiteri

Silos

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 silos

Ciminiera

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

0,25 ciminiere

Divisione tetti edifici

 rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,15 edifici_tetti

Edificio civile piede

 rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

Linea invisibile edifici_civ_p

Edificio industriale piede

 rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

Linea invisibile edifici_ind_p

Baracca

 rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 baracche

OPERE PARTICOLARI

Centrale elettrica (limite)

 rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

0,20 centrali_el_lim

Aeroporto (limite)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 aeroporti_lim

Eliporto (limite)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 eliporti_lim

Porto (limite)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 porti_lim

Stazione di servizio (limite)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 stazioni_servizio

Campeggio (limite)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

0,20 campeggi_lim

Impianto sportivo (limite)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 impianti_sport_lim

Stazione, sottostazione elettrica

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 stazione_el

Traliccio

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,15 tralicci

o

Linea elettrica aerea

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,15 linee_el_aeree

Serbatoio

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello



0,25 serbatoi

Tettoia, pensilina

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 tettoie

MURI

(La rappresentazione grafica delle entità di tipo "piede" è prevista solo per le scale 1:1000, 1:500, 1:200)

Muro (testa)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 muri_t

Muro (piede)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,15 muri_p

Mura di città, bastioni (testa)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 mura_t



Mura di città, bastioni (piede)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,15	mura_p		

CONDOTTE

Gasdotto, metanodotto

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,20	sotterraneo	gasdotti_st	
0,20	superficie	gasdotti_su	
0,20	diruto	gasdotti_dir	

Oleodotto

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,20	sotterraneo	oleodotti_st	
0,20	superficie	oleodotti_su	
0,20	diruto	oleodotti_dir	

Acquedotto

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------



0,20 sotterraneo acquedotti_st

0,20 superficie acquedotti_su

0,20 diruto acquedotti_dir

Elettrodotta

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 sotterraneo elettrodotti_st

0,20 superficie elettrodotti_su

0,20 diruto elettrodotti_dir

VEGETAZIONE

Bosco (limite)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 boschi_lim

bosco fitto bosco rado

bosco ceduo

Coltura (limite)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 colture_lim



Frutteto

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,15		frutteti	

Agrumeto

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,15		agrumeti	

Oliveto

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,15		oliveti	

Vigneto

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,15		vigneti	

Risaia

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,15		risaie	



Parco, giardino

representazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
-------------------------	---------------	------	---------

0,15		giardini	
------	--	----------	--

Albero isolato

representazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
-------------------------	---------------	------	---------

0,15		alberi	
------	--	--------	--

RECINZIONI

Muro di recinzione

representazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
-------------------------	---------------	------	---------

0,20		recinzioni_m	
------	--	--------------	--

Rete di recinzione

representazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
-------------------------	---------------	------	---------

0,20		recinzioni_r	
------	--	--------------	--

Cancello

representazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
-------------------------	---------------	------	---------



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

0,20 cancelli

Siepe

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 siepi

TOPONOMASTICA

ELEMENTO TOPOGRAFICO	TIPO CARATTERE	ALTEZZA (mm)
CENTRI ABITATI E TOPONOMASTICA IN GENERE		
Comune	BUDRIO	4,5
Centro	MEZZOLARA	4,0
Nucleo	IL SANTISSIMO	3,5
Case sparse	CASE VANNINO	3,0
Regione	REGIONE LAZIO	5
Provincia	PROVINCIA di RIETI	4

VIABILITA' STRADALE E FERROVIARIA

Lo stesso carattere si utilizza per indicare i manufatti di cui si rende opportuna l'identificazione (es.: fori, canali, chiese, conventi, torri, edifici pubblici, viadotti, caselli autostradali, caselli ferroviari, scalo merci, impianti estrattivi, edifici industriali, ecc.).

Per la viabilità stradale e ferroviaria e per i casi sopra riportati, in caso di necessità, sono consentite riduzioni dell'altezza dei caratteri.

AUTOSTRADA A1

S.S. DELLA CISA (N° 62)



S.P. PARMA-COLORNO

F.S. BOLOGNA RIMINI

VIA CAVOUR

PIAZZA MAGGIORE

km 20

3,0

ANTICHITA' PALAZZO RE ENZO 2,5

LOCALITA', BOSCO, PARCO, TENUTA TENUTA GHIGI 3,0

OROGRAFIA

Monte principale MONTE CIMONE 4,0

Monte secondario MONTE ADONE 3,5

Colle, passo, sella, valico, cresta, gola, altopiano PASSO DELLA CISA 3,0

Grotta Grotta del Farneto 2,5

Valle, pianura, litorale VALLE DEL DARDAGNA 2,5

IDROGRAFIA

Fiume o Torrente FIUME TEVERE 3,5

Fosso FOSSO di ACQUAFREDDA 3,0

11 PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA CONSEGNA DEGLI ELABORATI

E' stato predisposto un elenco dei tipi di elaborato che dovranno essere prodotti dall'Appaltatore. Tale elenco non deve considerarsi limitativo e può essere ampliato su esplicita richiesta della Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

Per ogni elaborato richiesto sono definiti i contenuti minimi e le specifiche di redazione. L'elenco degli elaborati da produrre e consegnare è descritto nei paragrafi successivi.

Tutto il materiale prodotto resterà di esclusiva proprietà del Committente precludendo quindi all'Appaltatore ogni diritto sullo stesso.

Tutte le cartografie dovranno essere eseguite su fogli di dimensioni A0 o A1. Tutte le relazioni, rilegate in fascicoli di formato A4, dovranno essere consegnate anche su supporto informatico registrate in file gestibili dai software commerciali di maggiore diffusione. Dovranno inoltre



essere consegnati tutti i dati di ingresso, cioè le osservazioni strumentali e le coordinate dei punti noti, ed i dati di uscita dei calcoli eseguiti nelle varie fasi di lavoro, cioè le coordinate compensate di tutti i punti presi in esame. La consegna sarà effettuata su supporto informatico.

Il materiale dovrà essere consegnato ordinatamente raccolto in appositi contenitori.

Le modalità di consegna del materiale saranno definite dalla Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

11.1 PROGRAMMAZIONE DEI LAVORI

Con almeno quindici giorni di anticipo sulla data di inizio dei lavori l'Appaltatore è tenuto a consegnare alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto due copie del diagramma di Gant relativo alla programmazione di tutte le attività definite nel presente capitolato.

11.2 VOLO E PRESA AEROFOTOGRAMMETRICA

Per quanto concerne le attività relative al volo ed alla presa aerofotogrammetrica l'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto:

- progetto di volo in scala 1:25000, riportandovi gli assi delle strisciate, le quote assolute e le quote relative per ogni strisciata
- planimetria in scala 1:25000 delle strisciate effettivamente eseguite, con l'aggiunta dell'indicazione del riquadro e l'annotazione del numero progressivo del fotogramma
- relazione nella quale verranno descritte la metodologia impiegata e le caratteristiche di tutte le apparecchiature utilizzate
- corrispondenza con le Autorità competenti relativa agli adempimenti degli obblighi legislativi ed amministrativi
- il certificato di taratura originale della macchina da presa (o copia autenticata) di data non anteriore a quattro anni, 2 anni per le riprese aeree con camera digitale.
- tutti i fotogrammi con i dati di ripresa in formato originale del sistema di acquisizione

11.3 RETE DI INQUADRAMENTO

Per quanto concerne le attività relative alla rete di inquadramento l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:



- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- monografie dei vertici eventualmente utilizzati in precedenti raffittimenti eseguiti per conto del Committente
- monografie di tutti i vertici I.G.M.I. utilizzati
- monografie dei nuovi vertici della rete di inquadramento e di quelli rideterminati
- schemi delle operazioni topografiche eseguite per la determinazione dei vertici comprendenti i dati di rilievo e gli s.q.m.
- relazione di calcolo contenente i dati relativi alla compensazione (comprendente, in particolare, il grado di precisione ottenuto)
- scema della Rete Geodetica (grafo di tutti i vertici, con annotazione delle coordinate planaltimetriche)

11.4 RETE DI RAFFITTIMENTO

Per quanto concerne le attività relative alla rete di raffittimento l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- delle monografie di tutti i vertici istituiti
- planimetria del progetto della rete di raffittimento in scala 1:25000
- planimetria della rete di raffittimento prodotta in scala 1:25000
- relazione di calcolo contenente i dati relativi alla compensazione (comprendente, in particolare, il grado di precisione ottenuto)
- schemi operativi relativi alla rete di raffittimento (operazioni topografiche eseguite, dati di rilievo, s.q.m.)

11.5 PUNTI FOTOGRAFICI DI APPOGGIO

Per quanto concerne le attività relative ai punti fotografici di appoggio l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura



- planimetrie in scala 1:25000 contenenti gli schemi operativi utilizzati per la determinazione dei punti
- monografie dei punti
- tutti i fotogrammi riportante la posizione dei punti fotografici d'appoggio e dei punti quota
- relazione di calcolo delle coordinate dei punti

11.6 RILIEVI CON TECNOLOGIA GPS

Per quanto concerne le attività relative ai punti determinati tramite tecnologia GPS, l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura

11.7 PUNTI FOTOGRAFICI DA TRIANGOLAZIONE AEREA

Per quanto concerne le attività relative ai punti fotografici da Triangolazione Aerea l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- planimetria in scala 1:25000 contenente l'indicazione della strisciata o del blocco, la posizione dei punti fotografici e i dati di compensazione
- monografie dei punti
- tutti i fotogrammi aerotriangolati riportante la posizione dei punti fotografici d'appoggio dei modelli e della strisciata o del blocco
- relazione di calcolo contenente i moduli delle osservazioni strumentali, i dati di partenza e i risultati prodotti dal software (comprendenti gli s.q.m)

11.8 POLIGONALE

Per quanto concerne le attività relative alla poligonale l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- monografie di tutti i vertici della poligonale, contenenti:



- coordinate “rettilinee” e Gauss-Boaga
- quota del vertice
- schizzo planimetrico con almeno 3 distanze da punti caratteristici stabili e facilmente individuabili sul terreno
- schizzo prospettico o fotografia
- breve descrizione dell'ubicazione con indicazione del Comune, frazione, località e via in cui ricade il vertice
- data di materializzazione
- monografie dei punti trigonometrici I.G.M.I. di riferimento per la poligonale e sui quali sono state eseguite le previste chiusure di controllo
- planimetria in scala 1:25000 relativa alla poligonale, ai collegamenti con i punti trigonometrici I.G.M.I., ai capisaldi posti in opera, ai limiti ed ai numeri delle tavolette interessate
- profilo degli elementi della poligonale (distanze, angoli al vertice, angoli di direzione, coordinate e quote)
- relazione contenente la descrizione delle modalità esecutive dei rilievi, i criteri ed i calcoli sia per la determinazione delle coordinate “rettilinee” e Gauss-Boaga della poligonale che per la verifica delle chiusure di controllo, considerazioni sui risultati raggiunti e sulla precisione ottenuta

11.9 LIVELLAZIONE GEOMETRICA DI PRECISIONE

Per quanto concerne le attività relative alla livellazione geometrica di precisione l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- planimetria in scala 1:25000 contenente il percorso di livellazione e l'indicazione dei capisaldi I.G.M.I. di attacco
- profilo con le quote e le coordinate dei vertici della poligonale e dei capisaldi di livellazione
- monografie dei capisaldi I.G.M.I. di attacco e di tutti gli altri ricadenti nella zona interessata dal rilievo
- monografie dei capisaldi di livellazione e di quelli eventualmente posti in opera lungo il percorso tra caposaldo I.G.M.I. e caposaldo da collegare
- relazione contenente i risultati del controllo dei capisaldi, il riepilogo di ogni linea di livellazione eseguita con i dislivelli di campagna (andata, ritorno, media) e le distanze di ogni singola bat-



tuta, i criteri adottati per la determinazione delle quote e per i calcoli di compensazione, la valutazione dei risultati raggiunti e della precisione ottenuta

11.10 LIVELLAZIONE TECNICA

Per quanto concerne le attività relative alla livellazione tecnica l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- planimetria in scala 1:25000 contenente il percorso di livellazione e l'indicazione dei capisaldi I.G.M.I. di attacco
- profilo con le quote e le coordinate dei vertici della poligonale e dei capisaldi di livellazione
- monografie dei capisaldi I.G.M.I. di attacco e di tutti gli altri ricadenti nella zona interessata dal rilievo
- monografie dei capisaldi di livellazione e di quelli eventualmente posti in opera lungo il percorso tra caposaldo I.G.M.I. e caposaldo da collegare
- relazione contenente i risultati del controllo dei capisaldi, il riepilogo di ogni linea di livellazione eseguita con i dislivelli di campagna (andata, ritorno, media) e le distanze di ogni singola battuta, i criteri adottati per la determinazione delle quote e per i calcoli di compensazione, la valutazione dei risultati raggiunti e della precisione ottenuta

11.11 RESTITUZIONE E RICOGNIZIONE

Per quanto concerne le attività relative alla restituzione l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- planimetria contenente la ripartizione e la numerazione dei fogli cartografici in sovrapposizione allo schema di copertura dei singoli fotogrammi numerati
- i certificati originali (o copia autenticata) relativi allo stato di rettifica degli strumenti utilizzati per la restituzione di data non anteriore ad un anno
- il "Giornale di restituzione"
- 1 copia delle minute di restituzione con le annotazioni delle operazioni eseguite in campagna per il controllo e l'integrazione della cartografia
- il protocollo di restituzione contenente le schede originali con l'indicazione degli scarti planimetrici grafici, degli scarti residui in quota sui punti fotografici d'appoggio, dei valori dei pa-



rametri di orientamento strumentale; in corrispondenza della posizione grafica dei punti d'appoggio dovrà essere indicato in scala opportuna lo scarto planimetrico e quello in quota

11.12 FOGLI CARTOGRAFICI

Per quanto concerne le attività relative ai fogli cartografici l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- 1 copia della corrispondenza con le Autorità competenti relativa all'adempimento degli obblighi legislativi ed amministrativi
- della planimetria contenente il quadro di unione dei fogli della restituzione cartografica con annotazione della numerazione progressiva e l'indicazione della posizione delle principali località interessate
- copia dei fogli cartografici
- file contenenti la cartografia numerica nei formati "DWG" 3D, ASCII, o "XLS" e "DOC"

11.13 RILIEVO CELERIMETRICO E PER SEZIONI TRASVERSALI

Per quanto concerne le attività relative al rilievo celerimetrico e per sezioni trasversali l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- monografie per ogni punto di stazione, riportanti tutte le informazioni idonee ad identificare la posizione ed uno schizzo planimetrico con annotate le distanze di almeno 3 punti riconoscibili sul terreno
- i certificati di rettifica della strumentazione
- relazione di accompagnamento, riportante i valori di temperatura, pressione ed umidità relativa per ciascuna misura
- relazione del calcolo effettuato per determinare distanze e quote di tutti i punti, compresi quelli di stazione
- planimetria contenente il quadro di unione dei fogli della restituzione cartografica con annotazione della numerazione progressiva e l'indicazione della posizione delle principali località interessate



- planimetria del piano quotato con l'eventuale indicazione delle sezioni trasversali numerate
- copia dei fogli cartografici
- file contenenti la cartografia numerica nei formati "DWG" 3D ed ASCII

11.14 RILIEVI LASER SCANNER

Per quanto concerne le attività relative al rilievo laser scanner l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- Inquadramento geodetico
- Relazione sulle metodologie operative di inquadramento ed istituzione dei nuovi capisaldi;
- Schema delle rete geodetica GPS di inquadramento con rappresentazione dei vertici IGM95 utilizzati e dei nuovi capisaldi materializzati.
- Lo schema dovrà essere rappresentato in scala 1/20.000 su base cartografica CTR regionale aggiornata;
- Monografie dei vertici IGM95 e dei capisaldi di livellazione IGM utilizzati per l'inquadramento geodetico;
- Monografie dei nuovi capisaldi materializzati secondo lo schema ANAS;
- Report della compensazione eseguita con indicazione degli scarti;
- File Rinex delle acquisizioni statiche o statico-rapide.
- File txt del report di trasformazione del software VERTO.
- Certificato di taratura dello strumento;
- Relazione sulle metodologie operative adottate, con indicazione degli scarti ottenuti in fase di registrazione delle nuvole di punti e degli scarti di georeferenzazione delle nuvole di punti già registrate nel sistema UTM;
- Planimetria schematica dell'opera d'arte rilevata, con indicazione delle posizioni di tutte le stazioni, dei target rilevati e delle aree sottoposte a scansione. Le aree sottoposte a scansione dovranno essere differenziate per tipologia, con riferimento al livello di dettaglio impostato nello strumento. La planimetria dovrà essere corredata da una tabella, indicante per ogni stazione di misura i target rilevati, il numero delle scansioni e le caratteristiche delle stesse;
- File delle nuvole di punti nei formati ASCII, PTS e nel formato "grezzo" dello strumento utilizzato. I formati ASCII e PTS dovranno contenere, oltre alle informazioni relative alle coordinate Nord, Est e Quote, anche i valori di riflettanza ed RGB di ogni punto rilevato.



- File in formato RAW contenenti le singole fotografie digitali ottenute da camera Reflex esterna coassiale allo strumento.
- Immagini in formato jpg con matrici di rototraslazione per l'orientamento sul modello.
- Ricostruzione 3D dell'intera opera rilevata, pubblicabile su rete, con possibilità di navigazione 3D, misurazione accurata, ed inserimento di commenti numerici ed alfanumerici;
- Rilievo elaborato con restituzione CAD delle seguenti tavole:
 - Planimetria generale a livello top (carreggiata)
 - Planimetria degli impalcati o delle volte
 - Planimetria delle pile
 - N. 2 Prospetti laterali per ogni carreggiata
 - N. 3 Sezioni Trasversali per ogni campata
 - N. Sezioni Longitudinali per ogni carreggiata (Sezione ciglio destro + sezione ciglio sinistro)
- Rilievo Celerimetrico Integrativo
- Certificato di taratura della stazione totale adottata;
- Relazione sulle metodologie operative adottate ed indicazione della procedura di georeferenziazione del rilievo nel sistema UTM-ETRF2000;
- Elenco dei target di riferimento del rilievo laser scanner collimati ed indicazione delle coordinate UTM-ETRF2000 piane degli stessi;
- File CAD (dwg o dxf) 3D contenente tutte le parti d'opera rilevate rappresentate da polilinee 3D distribuite su appositi layers.
- Le primitive geometriche rappresentate nel file CAD dovranno essere georeferenziate nel sistema UTM-ETRF2000;
- Files nel formato ASCII di esportazione delle misure celerimetriche eseguite in campagna. I files in formato ASCII dovranno contenere, per le stazioni, le informazioni relative al nome della stazione, l'altezza strumentale, il nome del punto di orientamento, l'angolo di orientamento azimutale, la distanza inclinata dal punto di orientamento e l'altezza della mira; per i punti di dettaglio misurati, il nome univoco del punto, i valori di angolo azimutale, angolo verticale, distanza inclinata, altezza della mira, e codice topologico identificativo. I dati dovranno essere separati dal carattere TAB;
- Analisi difettologica



- Relazione dettagliata con indicazione e codifica di tutte le tipologie di degrado individuati
- Tavola del degrado impalcati (vista dal basso)
- Tavola del degrado prospetto 1
- Tavola del degrado prospetto 2
- Tavole del degrado sezioni trasversali
- Tavole del degrado in 3D su nuvola di punti semplificata (formato dxf o dwg)

Tutti i dati dovranno essere forniti sia in formato cartaceo che su HD di adeguata capacità di memorizzazione

11.15 RILIEVI BATIMETRICI

Per quanto concerne le attività relative al rilievo batimetrico l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- Relazione tecnica con i seguenti contenuti:
- descrizione del piano d'indagine progettato ed eseguito
- descrizione della dotazione strumentale utilizzata
- descrizione delle procedure operative adottate
- descrizione delle procedure di controllo qualità e validazione adottate e dei risultati
- cartografia con ubicazione dei transetti e dei percorsi del natante
- sezioni batimetriche in scala adeguata
- cartografia con quote batimetriche in scala adeguata

11.16 RILIEVI LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICI DA SAPR

Descrizione generale dei prodotti di consegna

- Dati grezzi (Lidar e Dati sorgente aerofotogrammetrici)
- GCP (punti d'inquadramento geometrico)
- Dati GPS
- Nuvola di punti classificati terreno, Nuvola di punti classificati come Overground,



- Rilievi aerofotogrammetrici: Ortoimmagini digitali ottenute da ortorettifica e mosaicatura di fotogrammi.
- Relazione tecnica del rilievo
- Dati grezzi LIDAR ASCII formato che prevede per ogni impulso il tempo di emissione, e per ogni risposta (First e Last pulse) le coordinate UTMWGS84 (Est, Nord) e la quota ellissoidica, approssimate alla seconda cifra decimale, e il valore di intensità.
- Nuvola dei soli punti utili GROUND ed OVERGROUND * ASCII formato che prevede per ogni punto le coordinate UTMWGS84 (Est, Nord), la quota ellissoidica, approssimate alla seconda cifra decimale e il valore di intensità (intero). Campo classificazione tipologica per OVER GROUND. Densità media >40 Punti/m2
- ORTOFOTO - Dati grezzi, immagini RAW
- ORTOFOTO - Immagini digitali ortorettificate in formato TIFF + TFW con risoluzione <3 cm/Pixel

12 RILIEVI LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICI DA SAPR

12.1 PROGETTAZIONE E PIANIFICAZIONE DELLE RIPRESE LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICHE

Le riprese devono essere eseguite mediante velivoli ad ala fissa o multirottore di adeguate caratteristiche dei quali sia garantita la libera e completa disponibilità da parte dell'Appaltatore per il periodo necessario per le riprese. Devono, inoltre, essere comunicati al Direttore per l'Esecuzione del Contratto di ANAS S.p.A., gli estremi della Certificazione ENAC e le caratteristiche del SAPR utilizzato: casa costruttrice, tipo, numero e potenza del o dei motori, peso del Payload, autonomia, quota massima operativa, velocità di crociera alla quota operativa ecc

La progettazione e la pianificazione delle riprese dovrà avere una ricopertura sufficiente a garantire la continuità della rilevazione. Sarà suddivisa in blocchi di volo in funzione dell'andamento plano-altimetrico della superficie di rilevazione. Ogni blocco di volo dovrà essere dotato in modo autonomo di strisciate trasversali alla direzione principale di volo, indicativamente in testa e in coda. La pianificazione dei voli e delle attività a terra (stazioni fisse GPS, e GCP) dovrà garantire risultati correttamente georeferenziati e minimizzazione dell'errore sistematico che dovrà comunque essere compatibile con l'accuratezza dei prodotti richiesti.

Le riprese dovranno essere effettuate nelle condizioni più favorevoli rispetto allo specifico sistema di rilievo e ciò con riferimento sia alle condizioni contingenti (atmosferiche e di illuminazione) che alle variabili stagionali. Per il LIDAR altimetrico (indicativamente dicembre-marzo), si dovrebbe minimizzare la portata dei fiumi e la vegetazione (arborea, arbustiva, colturale e ripariale in



prossimità di corsi d'acqua). Per le riprese fotografiche (indicativamente aprile-settembre), oltre all'assenza di nuvole, nebbie o foschie, si dovranno privilegiare idonee condizioni di illuminazione (le ore a cavallo del mezzogiorno) che minimizzino le ombre e le dominanti di colore. Tutti gli aspetti di cui sopra dovranno essere preventivamente valutati al fine di pianificare le attività. Qualora vi siano problemi non altrimenti risolvibili, l'Appaltatore provvederà a segnalare al Direttore per l'Esecuzione del Contratto di ANAS S.p.A la non fattibilità della rilevazione su determinate zone e consegnerà una delimitazione vettoriale del perimetro delle stesse, proponendo soluzioni alternative o rinunciando per quelle aree a ogni corrispettivo.

12.2 STRUMENTAZIONE

I sistemi di rilievo nel loro complesso dovranno possedere i requisiti di precisione ed accuratezza, e dovranno essere calibrati e testati in modo tale da garantire il raggiungimento dell'accuratezza prevista per ciascun prodotto. Al Direttore per l'Esecuzione del Contratto di ANAS S.p.A devono essere comunicati i dati inerenti la marca, il tipo della strumentazione, le caratteristiche tecniche delle quali l'impresa deve fornire, in copia, i certificati di taratura con data non anteriore a due anni.

Il sensore LiDAR di classe 1 e con la funzione Dual Return, dovrà avere una portata non inferiore a 100m ed una accuratezza <3cm e con la possibilità di essere sincronizzato mediante time stamp.

La componente inerziale IMU-GPS di bordo dovrà essere in grado di sincronizzarsi con il laserscanner ed avere una accuratezza angolare su Roll e Pitch di almeno 0.035° e 0.15° o migliori in Post Processing, una frequenza non inferiore a 200Hz ed un componente GPS doppia frequenza in grado di ricevere segnale GPS e Glonass.

La fotocamera Digitale, dovrà avere non meno di 16Mpx e consentire, in funzione delle caratteristiche del terreno da rilevare, l'utilizzo dei diversi tipi di obiettivi con ottiche diverse. La modalità di acquisizione dovrà avvenire in modo automatico mediante attenta pianificazione della missione e dovrà essere possibile monitorare da terra tutte le fasi della missione. I singoli scatti lungo le strisciate dovranno garantire sovrapposizione longitudinale tra i fotogrammi di almeno 80% e di almeno il 60% tra strisciate contigue. Il formato del dato acquisito dovrà essere il RAW in modo da consentire in fase di post processing la correzione radiometrica delle singole immagini.

12.3 MISSIONE DI VOLO

Ciascuna missione di volo dovrà iniziare e finire con almeno 5 minuti di registrazione dei dati statici del drone. Preliminarmente all'esecuzione della missione dovrà essere pianificato, tramite opportuno software di simulazione, il periodo di esecuzione, in modo da garantire una buo-



na copertura satellitare tale da ottenere, per tutta la durata della missione, un PDOP non superiore a 3 e comunque in linea con le metodiche applicate e con le accuratezze richieste. Successivamente all'esecuzione della ripresa aerea (LIDAR e fotogrammetrica) dovranno essere elaborati i dati registrati dal ricevitore di bordo e di quelle permanenti a terra in modo da determinare le coordinate planimetriche e la quota ellissoidica dei dati LIDAR ed i centri di presa e l'orientamento delle immagini fotogrammetriche.

Nell'area di rilevazione, opportune aree-test dovranno essere previste. Tali aree, che dovranno essere pianeggianti, contenere fabbricati grandi e regolari (ad es.: piazzali ed edifici industriali, parcheggi e centri commerciali, ecc.), tali cioè da consentire un'alta accuratezza delle misure, dovranno essere rilevati mediante GPS alcuni punti di controllo sul terreno, tali aree verranno utilizzate per verificare la stabilità della calibrazione degli strumenti e l'esclusione o minimizzazione di eventuali errori sistematici. Nelle relazioni tecniche verranno sintetizzati i risultati delle analisi statistiche di confronto tra dati acquisiti e i dati misurati a terra sulle aree test. Durante l'esecuzione delle rilevazioni dovranno essere registrati, oltre ai segnali satellitari della stazione montata a bordo del velivolo, con epoca di 1 secondo, anche quelli di un certo numero di stazioni GPS a terra di coordinate note per l'impiego della tecnica differenziale. Le stazioni, dotate di ricevitori GPS a doppia frequenza, con acquisizione di 1 Hz, devono essere posizionate in modo da garantire la ricezione contemporanea del segnale di un numero sufficiente di satelliti (non meno di cinque), i medesimi intercettati dal sistema GPS del drone. Potranno essere utilizzate come stazioni permanenti sia stazioni appositamente dedicate (le cui coordinate dovranno essere determinate con una accuratezza analoga a quelle dei vertici della rete di inquadramento), sia stazioni pubbliche i cui dati siano affidabili e disponibili, in mancanza o a integrazione di queste è consentito l'utilizzo di stazioni temporanee installate ad hoc le cui coordinate siano determinate nella rete geodetica IGM95. L'Appaltatore dovrà comunicare in anticipo la stazione permanente che intende utilizzare. Sarà cura e responsabilità dell'Appaltatore assicurare il funzionamento della stazione permanente con inizio e fine prima e dopo l'avvio delle registrazioni della stazione situata sul Drone. Ai fini delle attività di verifica e di collaudo dovranno essere resi disponibili i dati GPS delle stazioni utilizzate relativi ai periodi di effettuazione della rilevazione, sia in termini di valori DOP che di numero di satelliti presenti.

12.4 TRATTAMENTO DEI DATI E MATERIALE AUSILIARIO

I dati acquisiti dovranno essere trattati con i rispettivi software, tenendo conto di tutte le informazioni derivanti dalla rete GPS di terra, dal GPS e dalle piattaforme inerziali di bordo, al fine di definire in modo ottimale la georeferenziazione dei dati lidar e delle immagini fotogrammetriche. Di norma si esclude l'utilizzazione di altre fonti per adattare i dati rilevati nell'ambito della presente fornitura, a eccezione di procedure ampiamente documentate e concordate con il Direttore per l'Esecuzione del Contratto di ANAS S.p.A.



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

I formati e il taglio di consegna devono perseguire l'obiettivo di ottimizzare, in relazione alla natura dell'informazione, il rapporto tra dimensione/gestibilità del file e qualità dell'informazione. Si precisa che il taglio geografico dovrà essere concordato con il Appalte per l'Esecuzione del Contratti di ANAS S.p.A.



Anas S.p.A.
Via Monzambano, 10 - 00185 Roma
www.stradeanas.it



Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto **Parte 2**

IT.PRL.05.13 - Rev. 1.0

Movimenti di terra e Demolizioni

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.13 - Rev.1.0
Movimenti di terra e Demolizioni

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



SOMMARIO

SOMMARIO	3
PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	6
1 A.01 SCAVI	6
1.1 SCOTICO	6
1.2 SCAVI DI SBANCAMENTO	7
1.2.1 Descrizione.....	7
1.2.2 Modalità esecutive.....	8
1.3 SISTEMAZIONE DELLE SCARPATE IN TRINCEA	10
2 A.02 RILEVATI	11
2.1 SCOTICO	11
2.2 BONIFICA	12
2.2.1 Descrizione.....	12
2.2.2 Modalità esecutive.....	12
2.3 STRATO ANTICAPILLARE	16
2.3.1 Strato granulare anticapillare.....	17
2.3.2 Geocomposito drenante.....	17
2.4 GEOSINTETICI PER RINFORZO DEL PIANO DI POSA	18
2.5 RILEVATI TRADIZIONALI	19
2.5.1 Descrizione.....	19
2.5.2 Modalità esecutive.....	20
2.5.3 Stesa dei materiali.....	23
2.5.4 Condizioni climatiche.....	25
2.6 RILEVATI IN TERRA STABILIZZATA CON LEGANTI	25
2.6.1 Terra stabilizzata a calce.....	25
2.6.2 Terra stabilizzata a cemento.....	29
2.6.3 Piano di appoggio della sovrastruttura (sottofondo).....	30
2.6.4 Resistenza al gelo.....	31
2.6.5 Modalità di lavorazione.....	31
2.6.6 Sistemazione delle scarpate in rilevato.....	32
7. RILEVATI IN TERRA RINFORZATA	34
2.6.7 Descrizione e materiali.....	34
2.6.8 Modalità esecutive - Compattazione.....	36
2.7 RILEVATI ALLEGGERITI	37
2.7.1 Rilevati in argilla espansa.....	37
2.7.2 Rilevati in EPS (Polistirene Espanso Sinterizzato).....	38
2.8 RILEVATI SOTTOFONDATI SU PALI	39
2.8.1 Descrizione.....	39
3 E.01 DRENI	40
3.1 DRENI PREFABBRICATI	40
3.1.1 Descrizione.....	40



3.1.2	Modalità esecutive.....	40
3.2	DRENI IN GHIAIA	42
3.2.1	Descrizione.....	42
3.3	DRENI IN SABBIA	43
3.3.1	Descrizione.....	43
3.3.2	Modalità esecutive.....	43
4	A.03 DEMOLIZIONI	46
4.1	PIANO DELLA DEMOLIZIONE	46
4.2	PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LE DEMOLIZIONI INTEGRALI O PARZIALI DI STRUTTURE COMPLESSE	47
4.3	PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LE IDRODEMOLIZIONI	48
4.4	PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LA DEMOLIZIONE DELLA PAVIMENTAZIONE STRADALE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO	48
5	CONTABILIZZAZIONE E MISURAZIONE	49
5.1	SCAVI DI SBANCAMENTO	50
5.2	PREPARAZIONE PIANO DI POSA DEI RILEVATI	51
5.3	REALIZZAZIONE RILEVATI STRADALI	51
5.4	STABILIZZAZIONE E SISTEMAZIONE DI TERRENI CON USO DI CALCE O CEMENTO	51
5.5	REALIZZAZIONE DI DRENI IN SABBIA	51
5.6	REALIZZAZIONE DI PANNELLI DRENANTI PREFABBRICATI	52
5.7	FORNITURA E STESA DI TELI DI GEOTESSILE	52
5.8	TRASPORTI A DISCARICA O DA CAVA DI PRESTITO	52
5.9	DEMOLIZIONE DI MURATURE	52
5.10	DEMOLIZIONE INTEGRALE DI FABBRICATI E DI STRUTTURE IN C.A. E C.A.P.	53
5.11	DEMOLIZIONE DI IMPALCATI IN C.A.P. O STRUTTURE SIMILARI IN C.A., SIA TOTALI CHE PARZIALI E/O A SEZIONE OBBLIGATA	53
5.12	IDRODEMOLIZIONE E ASPORTAZIONE CORTICALE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO SULL'INTRADOSSO ED ESTRADOSSO DEGLI IMPALCATI, COMPRESSE LE SUPERFICI VERTICALI DI SPALLE, PILE, PULVINI, MURI, ECC - PER UNO SPESSORE MEDIO FINO A 3 CM	53
5.13	DEMOLIZIONE DI SOVRASTRUTTURA STRADALE	54
5.14	DEMOLIZIONE E ASPORTAZIONE GIUNTI E DELLA PAVIMENTAZIONE IN CORRISPONDENZA DEI GIUNTI	54
5.15	SPICCONATURA DI INTONACO	54
5.16	RIMOZIONE E DEMOLIZIONE STRUTTURE IN ACCIAIO	54
6	CONTROLLO	55
6.1	DISPOSIZIONI GENERALI	55
6.2	PROVE DI LABORATORIO	56
6.3	PROVE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA	57
6.4	PROVE DI CONTROLLO SUL PIANO DI POSA	57



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.13 - Rev.1.0
Movimenti di terra e Demolizioni

6.5	<u>CONTROLLO DEI MATERIALI RICICLATI DA RIFIUTI SPECIALI DA DEMOLIZIONE EDILE</u>	<u>59</u>
6.5.1	Prove di laboratorio.....	59
6.5.2	Prove in sito.....	60
6.6	<u>CONTROLLO DEI MATERIALI RICICLATI DA RIFIUTI SPECIALI INDUSTRIALI – SCORIE</u>	<u>60</u>
6.6.1	Prove di laboratorio.....	60
6.6.2	Prove in sito.....	60
6.7	<u>TELO GEOTESSILE “TESSUTO NON TESSUTO”</u>	<u>61</u>
6.8	<u>CONTROLLO SCAVI</u>	<u>62</u>
6.9	<u>CONTROLLO DRENI PREFABBRICATI</u>	<u>63</u>
6.10	<u>CONTROLLO DRENI IN SABBIA</u>	<u>63</u>
7	<u>NORMATIVE DI RIFERIMENTO</u>	<u>64</u>



PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

Il presente Capitolo contiene le prescrizioni, gli oneri di carattere generale, ed i controlli da eseguire, relativi alle lavorazioni di movimento terra e di demolizione inerenti il corpo stradale, con particolare riferimento a:

- Scavi;
- Rilevati;
- Cunette, fossi di guardia, inalveazioni, ecc.;
- Riempimenti e rinterri;
- Demolizioni di pavimentazioni stradali, fabbricati, murature di qualsiasi genere.

Non sono comprese nella presente sezione, in quanto inserite nei corrispondenti capitoli, le lavorazioni afferenti agli scavi di fondazione delle opere d'arte e delle gallerie, né alle opere minori di consolidamento, reti e protezioni.

Tutte le attività descritte, con particolare riferimento alla definizione delle quantità di scavo, alla stima, all'interno di queste, delle aliquote riutilizzabili nell'ambito dei lavori, al fabbisogno di materie per la formazione dei rilevati e, infine, delle rimanenti quantità di scarto, da conferire in idonei siti di deposito definitivo, sono definite in sede di progettazione definitiva ed esecutiva nell'ambito della "Relazione del Piano di Gestione Materie", parte integrante degli elaborati progettuali.

Con riferimento alle demolizioni, le attività da eseguirsi dovranno essere descritte nel "Piano della demolizione" da redigere a cura dell'impresa appaltatrice.

1 A.01 SCAVI

1.1 SCOTICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.01.001** "Scavo di sbancamento in materie di qualsiasi natura"

Lo scotico consiste, negli scavi in trincea, nella rimozione ed asportazione del suolo, del terreno vegetale di qualsiasi consistenza e con qualunque contenuto d'acqua, nella rimozione ed asportazione di erba, radici, cespugli, piante e alberi, da effettuarsi preventivamente a tutte le lavorazioni di scavo, avendo cura di rimuovere completamente tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, alterando il meno possibile la consistenza originaria del terreno in sito.

Il materiale vegetale scavato, se ritenuto idoneo dalla D.L., previo ordine di servizio, e nei quantitativi già stabiliti nel Progetto Esecutivo (Relazione del Piano di Gestione Materie), potrà essere accantonato per essere successivamente utilizzato per il rivestimento delle scarpate; altrimenti esso



dovrà essere trasportato a discarica. Rimane comunque categoricamente vietata la posa in opera di tale materiale per la costruzione dei rilevati.

Lo scotico, laddove realizzato propedeuticamente alla preparazione del piano di posa di rilevati prevede, oltre alle operazioni sopra descritte, il costipamento del fondo scavo ed il riempimento con materiali idonei. Tali operazioni vengono dettagliatamente descritte al successivo paragrafo A.02 "Rilevati".

La larghezza dello scotico ha l'estensione dell'intera area di appoggio e potrà essere continua od opportunamente gradonata secondo i profili e le indicazioni previste nel Progetto Esecutivo, o impartite dalla D.L., in relazione alle pendenze dei siti di impianto. Lo scotico è stabilito fino alla profondità di cm 20 al di sotto del piano campagna.

1.2 SCAVI DI SBANCAMENTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.01.001** "Scavo di sbancamento in materia di qualsiasi natura"
- **A.01.003.a** "Scavo di sbancamento in roccia dura da mina - di cubatura superiore a mc 1.00"
- **A.01.003.b** "Scavo di sbancamento in roccia dura da mina - con microcariche"
- **A.01.003.c** "Scavo di sbancamento in roccia dura da mina - con demolizione meccanica (martellone)"
- **A.01.003.d** "Scavo di sbancamento in roccia dura da mina - senza mine con disgreganti"
- **A.01.004** "Scavo a sezione ristretta per trincee, bonifiche, drenaggi e sondaggi"
- **A.01.006** "Scavo continuo a campione a cielo aperto"
- **A.01.007** "Sovraprezzo scavo continuo a campione a cielo aperto"
- **A.01.010** "Sovraprezzo per trasporto a discarica e/o da cava di prestito oltre 5 km"
- **A.02.002.a** "Compattazione del piano di posa nei tratti in trincea - su terreni appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3"
- **A.02.002.b** "Compattazione del piano di posa nei tratti in trincea - su terreni appartenenti ai gruppi A4, A2-6, A2-7, A5"

1.2.1 Descrizione

Riguardano gli scavi inerenti il corpo stradale e comprendono i movimenti terra di grande entità, eseguiti generalmente all'aperto, senza particolari limitazioni sia fuori che in acqua, ovvero gli scavi non chiusi ed occorrenti per:

- apertura della sede stradale;
- apertura dei piazzali e delle opere accessorie;
- gradonature di ancoraggio dei rilevati su pendenze superiori al 20%;
- bonifica del piano di posa dei rilevati;
- spianamento del terreno;



- taglio delle scarpate di trincee o rilevati;
- formazione o approfondimento di cunette, di fossi e di canali.

1.2.2 Modalità esecutive

Gli scavi potranno essere eseguiti a mano, con mezzi meccanici e, ove previsto, con l'impiego di esplosivi o, laddove previsto in progetto al fine di contenere il disturbo da vibrazioni, di materiali espansivi.

Nell'esecuzione dei lavori di scavo l'Impresa dovrà scrupolosamente rispettare le prescrizioni di seguito elencate, assumendosene l'onere:

- Profilare le scarpate, rifinire il fondo e le pareti degli scavi secondo le indicazioni ed i disegni di Progetto Esecutivo. Qualora il fondo degli scavi risultasse smosso, l'Impresa provvederà a compattarlo fino ad ottenere una compattazione pari al 95% della massima massa volumica del secco ottenibile in laboratorio (Prova di compattazione AASHO modificata) (UNI EN 13286).
- Eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla D.L., scavi campione con prelievo di saggi e/o effettuazione di prove ed analisi per la definizione delle caratteristiche geotecniche.
- Recintare e apporre sistemi di segnaletica, diurna e notturna, intorno alle aree di scavo.
- Provvedere, a proprie cure, con qualsiasi sistema (paratie, palancolate, sbatacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi, in accordo con quanto prescritto dai documenti di progetto, ed in conformità alle norme di sicurezza e compensate con i prezzi relativi (sicurezza).
- Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, ecc.) ad evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrato di qualsiasi natura, inclusa, ove necessario, la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o provvisoriamente deviate.
- Segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della D.L., prima di procedere a fasi di lavoro successive o ricoprimenti. In caso d'inosservanza a tale norma la D.L. potrà richiedere all'Impresa di rimettere a nudo le parti occultate, senza che questa abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere o compenso.

Nel caso di impiego di esplosivi, saranno a carico dell'Impresa:

- il rispetto delle Leggi e normative vigenti, la richiesta e l'ottenimento dei permessi delle competenti Autorità;
- la fornitura di polvere, micce, detonatori, tutto il materiale protettivo occorrente per il brillamento delle mine, compresa l'esecuzione di fori, fornelli, etc;
- mezzi, materiali e personale qualificato occorrente, per l'esecuzione dei lavori nel rispetto delle norme di sicurezza vigenti;
- il coordinamento nei tempi di esecuzione, in accordo al programma di costruzione e nel rispetto dei vincoli e delle soggezioni derivanti dalle altre attività in corso e dalle situazioni loca-



li;

- il monitoraggio vibrazionale ed acustico, finalizzato a non recare disturbo alle aree circostanti, secondo norma DIN 4150-3, effettuato a cura ed oneri dell'impresa.

I materiali provenienti dagli scavi, in relazione alle loro caratteristiche geotecniche, dovranno essere preferibilmente reimpiegati nella formazione dei rilevati o di altre opere in terra nell'ambito del medesimo cantiere. L'aliquota di riutilizzo, per ciascun tratto in scavo individuato e per ogni formazione geologica interessata, verrà puntualmente definita in sede di Progetto Esecutivo (Relazione del Piano di Gestione Materie), accertata e verificata nel corso dei lavori, sulla base dell'esito di prove di idoneità, eseguite sotto il controllo della D.L..

Tab.1 Prove di idoneità sui materiali di scavo

Tipo di prova	Obiettivo
Classificazione stradale (UNI 13242 - UNI 14688 - UNI 13285)	Appartenenza a gruppi idonei al riutilizzo
AASHO mod.	Definizione delle modalità ottimali di costipamento

I materiali ritenuti idonei, nelle quantità e con le modalità descritte in Progetto Esecutivo, nella Relazione del Piano di Gestione Materie, dovranno essere trasportati, a cura dell'Impresa, nelle corrispondenti tratte di previsto reimpiego o, ove necessario, in aree di deposito temporaneo.

Laddove necessario, questi materiali saranno trattati per ridurli alle dimensioni prescritte dalle presenti norme secondo necessità, ripresi e trasportati nelle zone di utilizzo.

I materiali che, invece, in fase progettuale risultassero non idonei al reimpiego, come formalmente verificato dalla D.L., dovranno essere trasportati a cura dell'Impresa, e conferite, o disposte, nelle aree di deposito definitivo indicate nel Progetto Esecutivo.

Classificazione dei materiali di scavo

Lo scavo in roccia è comprensivo degli oneri necessari alla riduzione granulometrica del materiale alle dimensioni, e nelle proporzioni, idonee a consentire la sistemazione in rilevato, di seguito descritte (paragrafo 5.2).

L'utilizzo, per l'abbattimento di roccia di cui alla cat. A di materiali espandenti, dovrà essere previsto in progetto, limitatamente a quelle aree per le quali si renda necessario contenere il disturbo arrecato dalle vibrazioni nei riguardi di beni o edifici sensibili.



Ai fini della corretta definizione delle lavorazioni i materiali di scavo, con riferimento ai valori di resistenza a compressione uniassiale del materiale (UCS) deducibile dalle corrispondenti prove di laboratorio, vengono classificati, in fase di Progetto Esecutivo, come di seguito, definendone le relative categorie e quantità.

Tab.2 **Classificazione dei materiali di scavo**

Categoria Materiali di scavo		UCS (MPa)
A	Roccia da mina	≥ 30 MPa
B	Roccia di media resistenza (<i>martellone</i>)	10÷30 MPa
C	Terre e roccia tenera	< 10 MPa

La correttezza applicazione di tale classificazione alle diverse tratte del tracciato, nelle proporzioni definite nel Progetto Esecutivo verrà, quindi, verificata in corso d'opera, in contraddittorio con la D.L.

1.3 SISTEMAZIONE DELLE SCARPATE IN TRINCEA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.02.004.a** "Fornitura di terreno vegetale per rivestimento delle scarpate - fornito dall'Impresa"
- **A.02.004.b** "Fornitura di terreno vegetale per rivestimento delle scarpate - da depositi dell'Amministrazione"
- **E.01.075** "Geostuoia per il controllo dell'erosione su scarpate"
- **E.01.085** "Grigliato in elementi di cemento vibrato per copertura scarpate"
- **E.01.090** "Rivestimento scarpate a grigliato in geotessile interrato"
- **E.01.092** "Rivestimento di scarpate aride o rocciose con geocelle in materiale sintetico"

La profilatura delle scarpate nei tratti in trincea corrisponderà alla configurazione geometrica stabilita in Progetto Esecutivo, sulla base delle caratteristiche litologiche dei terreni presenti e delle corrispondenti verifiche geotecniche.

Le scarpate potranno essere ricoperte, in funzione della litologia e della pendenza e, comunque, secondo le previsioni di Progetto Esecutivo, da uno strato di terreno e di idonea copertura vegetale. Il terreno vegetale dovrà essere tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del man-



to erboso, seminato tempestivamente, con essenze corrispondenti a quelle previste in Progetto Esecutivo, scelte per ottenere i migliori risultati in relazione al periodo operativo ed alle condizioni locali.

La semina dovrà essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

Laddove, sulla base delle caratteristiche litologiche (presenza di terreni granulari sciolti o facilmente erodibili, di terreni coesivi alterati o soggetti ad erosione accelerata – di tipo calanchivo o simile) sia prevista una propensione delle scarpate ad essere soggette a processi erosivi, il Progetto Esecutivo prevedrà le necessarie misure, basate su tecniche di protezione antierosiva (georeti tridimensionali, geostuoie/biostuoie semplici od accoppiate a reti, geocelle e simili).

Qualora lungo le scarpate dovessero manifestarsi erosioni od ammaloramenti, dovuti ad imperizia o a negligenze dell'impresa, questa dovrà provvedere al restauro delle zone ammalorate a sua cura e spese e secondo le disposizioni impartite dalla D.L..

Qualora le particolari caratteristiche geologico-litologiche e climatiche (con eventuale rischio per la circolazione stradale di colate di fango rapide) richiedano un rapido e duraturo inerbimento delle scarpate, il Progetto Esecutivo potrà prevedere l'inerbimento mediante sistemi alternativi ai tradizionali, basati su un più rapido e profondo radicamento.

2 A.02 RILEVATI

2.1 SCOTICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.02.001** "Preparazione del piano di posa"

Lo scotico, laddove realizzato propedeuticamente alla preparazione del piano di posa di rilevati prevede, oltre alle operazioni di asportazione del terreno vegetale, il costipamento del fondo scavato ed il riempimento con materiali idonei.

Il materiale vegetale scavato, se ritenuto idoneo dalla D.L., previo ordine di servizio, e nei quantitativi già stabiliti nel Progetto Esecutivo (Relazione del Piano di Gestione Materie), potrà essere accantonato per essere successivamente utilizzato per il rivestimento delle scarpate; altrimenti esso dovrà essere trasportato a discarica. Rimane comunque categoricamente vietata la posa in opera di tale materiale per la costruzione dei rilevati.

La larghezza dello scotico ha l'estensione dell'intera area di appoggio e potrà essere continua od opportunamente gradonata secondo i profili e le indicazioni previste in Progetto Esecutivo, ovvero fornite dalla D.L., in relazione alle pendenze dei siti di impianto. Lo scotico è stabilito fino alla profondità di cm 20 al di sotto del piano campagna.



2.2 BONIFICA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.01.001** "Scavo di sbancamento in materia di qualsiasi natura"
- **A.02.003** "Fornitura materiali per rilevati da cave con distanza < 5 km"
- **A.02.005** "Carico, scarico e trasporto di materiale di proprietà dell'amministrazione"
- **A.02.007.a** "Sistemazione in rilevato o in riempimento - appartenenti ai gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃"
- **A.02.007.b** "Sistemazione in rilevato o in riempimento - appartenenti ai gruppi A₂₋₆, A₂₋₇"
- **A.02.008** "Sistemazione di materiale ripreso da aree di deposito scavi"
- **A.02.009** "Materiali aridi con funzione anticapillare o filtro"
- **A.02.015** "Materiali aridi"
- **A.02.020.a** "Stabilizzazione e sistemazione di terreni - con uso di cemento"
- **A.02.020.b** "Stabilizzazione e sistemazione di terreni - con uso di calce"
- **E.01.030** "Fornitura e stesa di teli di geotessile con funzione di separazione e filtrazione"
- **E.01.031** "Fornitura e stesa di teli di geotessile con funzione di separazione e filtrazione e rinforzo non strutturale"

2.2.1 Descrizione

Consiste nell'asportazione del terreno posto al di sotto del piano di posa dei rilevati, qualora non idoneo, e nella sua sostituzione con terreni di adeguate caratteristiche. Di norma la bonifica non è prevista nei tratti in trincea a meno che, alla quota di scavo prevista, non permanga la presenza di terreni di non idonee caratteristiche.

2.2.2 Modalità esecutive

La bonifica del terreno di posa dei rilevati, nell'accezione più generale, dovrà essere eseguita in conformità alle previsioni di Progetto Esecutivo, ed ogniqualvolta nel corso dei lavori si dovesse riscontrare, alla quota posta al di sotto di 20 cm dal piano campagna (fondo scotico), la presenza di volumi di terreno non idoneo.

Terreni idonei: sono quelli che soddisfano, contemporaneamente, i seguenti requisiti:

1. appartenenza ai gruppi A₁, A₂, A₃ (UNI 13242 - UNI 14688 - UNI 13285);
2. dopo compattazione, al grado di umidità ottima, corrispondente ad una densità secca non inferiore al 90% della densità massima AASHO modificata, possesso di valori del modulo di deformazione Md, al primo ciclo, determinato con prova di carico su piastra (diametro 30 cm) (rif. CNR 146/92), non inferiori a quelli riportati in tabella 3:



Tab.3 Modulo di deformazione minimo al primo ciclo di carico

Modulo deformazione (MPa)	Intervallo di riferimento
20	50÷150 kPa (0.05 - 0.15 N/mm ²) sul piano di posa del rilevato posto a 1,00 m da quello della fondazione della pavimentazione stradale
15	50÷150 kPa (0.05 - 0.15 N/mm ²) sul piano di posa del rilevato posto a 2,00 m, o più, da quello della fondazione della pavimentazione stradale

Per altezze di rilevato superiori a 2 m potranno essere accettati valori di Md inferiori a 15 MPa, sempre che sia garantita la stabilità dell'opera e la compatibilità dei cedimenti, sia totali che differenziali, e del loro decorso nel tempo.

Le suddette prescrizioni valgono a meno di diverse, e più restrittive, indicazioni motivate, in sede di progettazione, dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato. Le caratteristiche di deformabilità dovranno essere accertate in modo rigoroso e dovranno essere garantite, anche a lungo termine, nelle condizioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli; si fa esplicito riferimento a quei materiali a comportamento "instabile" (collassabili, espansivi, gelivi, etc.) per i quali la determinazione del modulo di deformazione sarà affidata a prove speciali (edometriche, di carico su piastra in condizioni sature ecc.).

Il conseguimento dei valori minimi di deformabilità sopra indicati sarà ottenuto compattando il fondo dello scavo mediante rullatura, eseguita con mezzi consoni alla natura dei terreni in posto.

A rullatura eseguita la massa volumica in sito dovrà risultare come segue:

- almeno pari al 90% della massa volumica massima AASHO modificata (UNI EN 13286), (CNR 22 - 1972), sul piano di posa dei rilevati;
- almeno pari al 95% della massa volumica massima AASHO modificata (UNI EN 13286), (CNR 22 - 1972), nel corpo del rilevato e sul piano di posa della fondazione della sovrastruttura stradale.

Laddove le peculiari caratteristiche dei terreni in posto (materiali coesivi o semicoesivi, saturi o parzialmente saturi) rendessero inefficace la rullatura e non si pervenisse a valori del modulo di deformazione accettabili e compatibili con la funzionalità e la sicurezza del manufatto, la D.L., sentito il Progettista, potrà ordinare un intervento di bonifica di adeguato spessore, con l'impiego di materiali idonei adeguatamente miscelati e compattati.

Qualora fossero prevedibili cedimenti del piano di posa dei rilevati superiori ai 15 cm, l'Impresa sottoporrà alla D.L. un piano di monitoraggio per il controllo della loro evoluzione. La posa in opera delle apparecchiature necessarie a tale scopo, e il rilevamento dei cedimenti, saranno eseguite a cura dell'impresa, secondo le indicazioni del Progetto Esecutivo ed, eventualmente, della D.L..



In ogni caso l'Impresa, ad avvenuto esaurimento dei cedimenti, dovrà provvedere a reintegrare i maggiori volumi di rilevato per il raggiungimento della quota di progetto.

Qualora i terreni non soddisfino tali requisiti si prevedrà la bonifica con i metodi di seguito descritti.

Bonifica tradizionale

Il terreno in sito, per la parte di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche, dovrà essere sostituito con materiale selezionato, appartenente ai gruppi (UNI 13242 - UNI 14688 - UNI 13285):

- A₁, A₃ se proveniente da cave di prestito. Nel caso in cui il materiale appartenga al gruppo A₃, esso deve presentare un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore o uguale a 7;
- A₁, A_{2.4}, A_{2.5}, A₃, se proveniente dagli scavi. Il materiale appartenente al gruppo A₃ deve presentare un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore o uguale a 7.

Il materiale dovrà essere messo in opera a strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto) e compattato fino a raggiungere il 95% della massa volumica del secco massima ottenuta attraverso la prova di compattazione AASHO modificata (UNI EN 13286) (CNR 22-1972).

Per le terre appartenenti ai gruppi A_{2.4} e A_{2.5}, gli strati dovranno avere spessore non superiore a 30 cm (materiale sciolto).

Il modulo di deformazione dello strato bonificato dovrà risultare non inferiore a 20 MPa (nell'intervallo di carico compreso tra 50 e 150 kPa (0.05 e 0.15 N/mm²)).

Nel caso in cui la bonifica debba essere eseguita in presenza d'acqua, l'Impresa dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere costantemente asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa.

Bonifica con stabilizzazione in posto con leganti

In alternativa al punto precedente, laddove le caratteristiche dei materiali presenti in sito al di sotto della quota di fondo dello scavo soddisfino i requisiti di cui al successivo paragrafo 6, la bonifica potrà essere effettuata in posto mediante stabilizzazione con leganti (calce/cemento).

Le prescrizioni generali sull'idoneità al trattamento e sulle modalità di stabilizzazione di questi materiali sono descritte al citato paragrafo 6.

Il trattamento in posto avverrà per strati di spessore max pari a 30 cm, fino al raggiungimento della profondità prevista in progetto. La stabilizzazione dello strato inferiore avverrà tramite fresatura e miscelazione con idonea attrezzatura (*pulvimixer*) senza asportazione di terreno; gli strati supe-



riori verranno stabilizzati previo accantonamento del materiale scavato e successiva miscelazione in posto, procedendo sempre per strati < 30 cm.

Il trattamento in sito dei terreni di posa del rilevato, stabilizzati, deve essere tale da garantire le seguenti caratteristiche di portanza:

- Per altezze di rilevato da 0 a 2 metri:

il valore minimo prescritto per l'indice CBR dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 60, con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di deformabilità, queste dovranno risultare non minori di 50 MPa, nell'intervallo di carico tra 150÷250 kPa (0.15 - 0.25 N/mm²), (CNR 146 - 1992);

- Per altezza di rilevato oltre i 2 metri:

il valore minimo prescritto per l'indice CBR dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 30, con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1,5%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di deformabilità, queste dovranno risultare non minori di 20 MPa, nell'intervallo di carico tra 150÷250 kPa (0.05 - 0.15 N/mm²), (CNR 146 - 1992).

Geotessile non tessuto

Lo strato di geotessile da stendere sul piano di posa del rilevato dovrà essere del tipo non tessuto ed avere caratteristiche meccaniche conformi al Progetto Esecutivo.

Le relative caratteristiche prestazionali dovranno corrispondere alle seguenti norme:

- UNI EN ISO 10319
- UNI EN ISO 13433
- UNI EN ISO 12956

Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'impresa dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere.

La D.L., a suo insindacabile giudizio, potrà richiedere ulteriori prove preliminari o prelevare in corso d'opera campioni di materiali da sottoporre a prove presso Laboratori qualificati.

Il geotessile dovrà essere imputrescibile, resistente ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si instaurano nel terreno, all'azione dei microrganismi ad essere antinquinante. Le caratteristiche di resistenza chimica dovranno essere accuratamente valutate in presenza di terreni stabilizzati a calce/cemento.



Dovrà essere fornito in opera in rotoli di larghezza la più ampia possibile in relazione al modo di impiego.

Prima della posa del geotessile, sarà cura dell'Appaltatore preparare il terreno naturale pulendolo da oggetti appuntiti o sporgenti quali ad esempio ceppaie, rami, rocce o altri materiali in grado di produrre lacerazioni. Il terreno non dovrà presentare dislivelli o solchi profondi più di 15 cm. Eventuali lacerazioni accidentali saranno coperte da un telo di geotessile intatto, dello stesso tipo e di dimensioni pari a 4 volte più grandi della lacerazione stessa.

Una volta preparato il piano con adeguata rullatura, si procederà alla stesa dei teli di geotessile in direzione ortogonale al senso di marcia dei veicoli ad opera finita. I teli dovranno essere ben stesi senza presentare pieghe od ondulazioni.

I singoli teli dovranno essere sovrapposti per almeno 30 cm, o per lunghezze maggiori a seconda di quanto previsto dalle schede tecniche fornite dal produttore, e fissati al terreno, lungo le sovrapposizioni, con graffe metalliche in numero di almeno 4 ogni 25 mq di sovrapposizione. Particolare cura, nelle fasi operative, dovrà essere posta nella realizzazione dei risvolti, prevedendo un'adeguata lunghezza del telo da posare. I lembi di geotessile da risvoltare dovranno risultare ben stesi e i teli paralleli tra loro.

Il taglio dei singoli pannelli di geotessile da rullo dovrà avvenire senza danneggiare il materiale avvolto o comunque sottostante. Il materiale accidentalmente danneggiato dovrà essere allontanato.

I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

2.3 STRATO ANTICAPILLARE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.02.009** "Materiali aridi con funzione anticapillare o filtro"
- **A.02.015** "Materiali aridi"
- **E.01.035** "Geocomposito"
- **E.01.037** "Geocomposito a comportamento isotropo con permeabilità all'acqua di 190 mm/s"

La necessità di realizzazione di uno strato con funzione anticapillare dev'essere prevista in fase di Progetto Esecutivo, in relazione alle locali caratteristiche idrogeologiche, connesse alla profondità della superficie piezometrica della falda rispetto al piano di posa del rilevato, alla natura dei terreni presenti in sito, ed alla conseguente stima dell'altezza di risalita capillare, che evidenzia possibili interferenze fra la quota di falda ed il corpo del rilevato stesso.

Tale strato potrà essere realizzato:



- con la stesa di uno strato granulare con funzione anticapillare;
- con la posa, in alternativa al punto precedente, di un geocomposito con funzione drenante.

2.3.1 Strato granulare anticapillare

Lo strato dovrà avere uno spessore compreso tra 30 e 50 cm; sarà composto da materiali aventi granulometria assortita da 2 a 50 mm, con passante al vaglio da 2 mm non superiore al 15% in peso e comunque con un passante al vaglio UNI 0,075 mm non superiore al 3%.

Il materiale dovrà risultare del tutto esente da componenti instabili (gelivi, solubili, etc.) e da resti vegetali; è ammesso l'impiego di materiali frantumati.

La stesa di tale strato sarà sempre accompagnata alla posa di uno strato di geotessile non tessuto, con funzione di separazione granulometrica, come da previsioni di Progetto Esecutivo.

Il controllo qualitativo dello strato anticapillare va effettuato mediante analisi granulometriche da eseguirsi in ragione di almeno 1 prova ogni 1000 mc di materiale posto in opera, salvo maggiori e più restrittive verifiche disposte dalla D.L.

2.3.2 Geocomposito drenante

In alternativa alla stesa dello strato anticapillare minerale, descritto al punto precedente, potrà essere prevista la posa in opera di un geocomposito drenante, di spessore variabile da 0.6 a 2.0 cm (UNI EN ISO 9863-1), dovranno essere dotati di marcatura CE e prodotti da ditte dotate di certificazione in sistema di qualità in conformità alle normative vigenti ISO EN 9001, le cui caratteristiche dovranno risultare conformi alle seguenti norme:

Tab.4 Caratteristiche del geocomposito

Proprietà	Valori ammissibili	Norma di riferimento
Capacità drenante (Pressione = 50 kPa; gradiente idraulico $i = 1$)	1.0÷2.3 l/s*m	EN 12958
Permeabilità	70 mm/s	EN 11058
Apertura dei pori	140.180 micron	EN 12956
Spessore	0.6 mm	EN964-1
Assorbimento di energia (al 5% di allungamento)	80 J/m ²	EN 10319
Resistenza a trazione (al 5% di allungamento in entrambe le direzioni)	3.2 kN/m	EN 10319



Dovrà essere fornito in opera in rotoli di larghezza la più ampia possibile in relazione al modo di impiego.

Nella posa in opera si dovrà porre attenzione a garantire la necessaria sovrapposizione del lembo di nontessuto sporgente fra due rotoli adiacenti e a chiudere tutte le aperture rimaste della struttura drenante con un nontessuto o con nastro adesivo, ad evitare la penetrazione del terreno che potrebbe intasare il filtro. La stesa del terreno di copertura andrà effettuata in avanzamento, evitando il contatto diretto fra ruote/cingoli e geocomposito, garantendo sempre la presenza di uno strato di almeno 30 cm di terreno di rinterro.

Gli schemi geometrici di posa ed ammorsamento dei teli nel corpo del rilevato dovranno corrispondere ai disegni di Progetto Esecutivo.

Prima della posa del geocomposito, sarà cura dell'Appaltatore preparare il terreno naturale pulendolo da oggetti appuntiti o sporgenti quali ad esempio ceppaie, rami, rocce o altri materiali in grado di produrre lacerazioni. Il terreno non dovrà presentare dislivelli o solchi profondi più di 15 cm. Una volta preparato il piano con adeguata rullatura, si procederà alla stesa dei teli in direzione ortogonale al senso di marcia dei veicoli ad opera finita. I teli dovranno essere ben stesi senza presentare pieghe od ondulazioni.

Il taglio dei singoli pannelli di geotessile da rullo dovrà avvenire senza danneggiare il materiale avvolto o comunque sottostante. Il materiale accidentalmente danneggiato dovrà essere allontanato.

2.4 GEOSINTETICI PER RINFORZO DEL PIANO DI POSA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **E.01.030** "Fornitura e stesa di teli di geotessile con funzione di separazione e filtrazione"
- **E.01.031** "Fornitura e stesa di teli di geotessile con funzione di separazione e filtrazione e rinforzo non strutturale"
- **E.01.032** "Geotessile tessuto a marcatura CE"
- **E.01.040** "Fornitura e stesa di geogriglia con marcatura CE"

Qualora i terreni presenti in sito non siano tali da garantire i necessari requisiti di resistenza, il progetto, sulla base degli esiti di specifiche verifiche geotecniche, potrà prevedere l'interposizione, al di sotto del corpo del rilevato, di geogriglie o altri geosintetici con analoga funzione (geotessili tessuti).

Questi materiali dovranno essere dotati di marcatura CE e prodotti da ditte dotate di certificazione in sistema di qualità in conformità alle normative vigenti ISO EN 9001.



Per le geogriglie (in polietilene, poliestere, polipropilene o materiali analoghi) e per i geotessili tessuti le caratteristiche di resistenza a trazione, nella direzione di maggior resistenza, secondo UNI EN 10319, saranno corrispondenti a quelle indicate negli elaborati di Progetto Esecutivo.

Prima della posa del geosintetico, sarà cura dell'impresa preparare il terreno naturale pulendolo da oggetti appuntiti o sporgenti quali ad esempio ceppaie, rami, rocce o altri materiali in grado di produrre lacerazioni. Il terreno non dovrà presentare dislivelli o solchi profondi più di 15 cm. Una volta preparato il piano con adeguata rullatura, si procederà alla stesa dei teli di geosintetico in direzione ortogonale al senso di marcia dei veicoli ad opera finita. I teli dovranno essere ben stesi senza presentare pieghe od ondulazioni.

I singoli teli dovranno essere sovrapposti per almeno 30 cm, o per lunghezze maggiori a seconda di quanto previsto dalle schede tecniche fornite dal produttore, e fissati al terreno, lungo le sovrapposizioni, con graffe metalliche in numero di almeno 4 ogni 25 mq di sovrapposizione. Particolare cura, nelle fasi operative, dovrà essere posta nella realizzazione dei risvolti, prevedendo un'adeguata lunghezza del telo da posare. I lembi di geosintetico da risvoltare dovranno risultare ben stesi e i teli paralleli tra loro.

Il taglio dei singoli pannelli di geotessile da rullo dovrà avvenire senza danneggiare il materiale avvolto o comunque sottostante. Il materiale accidentalmente danneggiato dovrà essere allontanato.

I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

2.5 RILEVATI TRADIZIONALI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.02.003** "Fornitura materiali per rilevati da cave con distanza < 5 km"
- **A.02.004.a** "Fornitura di terreno vegetale per rivestimento delle scarpate - fornito dall'Impresa"
- **A.02.004.b** "Fornitura di terreno vegetale per rivestimento delle scarpate - da depositi dell'Amministrazione"
- **A.02.005** "Carico, scarico e trasporto di materiale di proprietà dell'amministrazione"
- **A.02.007.a** "Sistemazione in rilevato o in riempimento - appartenenti ai gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃"
- **A.02.007.b** "Sistemazione in rilevato o in riempimento - appartenenti ai gruppi A₂₋₆, A₂₋₇"
- **A.02.008** "Sistemazione di materiale ripreso da aree di deposito scavi"

2.5.1 Descrizione

I rilevati saranno eseguiti con le esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto e non dovranno superare la quota del piano di appoggio della fondazione stradale (sottofondo).



2.5.2 Modalità esecutive

Impiego di terre appartenenti ai gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃

Dovranno essere impiegati materiali appartenenti ai gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃; il materiale appartenente al gruppo A₃ dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore o uguale a 7.

Per l'ultimo strato di 30 cm dovranno essere impiegati materiali appartenenti esclusivamente ai gruppi A_{1-a} e A₃ (per le terre appartenenti al gruppo A₃ vale quanto già detto in precedenza).

I materiali impiegati dovranno essere del tutto esenti da frazioni o componenti vegetali, organiche e da elementi solubili, gelivi o comunque instabili nel tempo, non essere di natura argilloscistosa nonché alterabili o molto fragili.

L'impiego di rocce frantumate è ammesso nella restante parte del rilevato, se di natura non geliva, se stabili con le variazioni del contenuto d'acqua e se tali da presentare pezzature massime non eccedenti i 20 cm, nonché da soddisfare i requisiti già precedentemente richiamati.

Il materiale a pezzatura grossa (compreso tra i 7,1 ed i 20 cm) deve essere di dimensioni disuniformi e non deve costituire più del 30% del volume del rilevato; in particolare dovrà essere realizzato un accurato intasamento dei vuoti, in modo da ottenere, per ogni strato, una massa ben assestata e compattata.

Nel caso si utilizzino rocce tufacee, gli scapoli dovranno essere frantumati completamente, con dimensioni massime di 10 cm.

A compattazione avvenuta i materiali costituenti il corpo del rilevato, ad eccezione dello strato terminale, di seguito descritto, dovranno presentare una massa volumica del secco pari o superiore al 90% della massa volumica del secco massima individuata dalle prove di compattazione AASHO Mod. (UNI EN 13286), (CNR 22 - 1972) e un valore del modulo di deformabilità Md al primo ciclo non inferiore a 20 MPa (nell'intervallo di carico compreso tra 50÷150 kPa (0.05 e 0.15 N/mm²), (CNR 146 - 1992).

L'ultimo strato di 30 cm, costituente il piano di posa della fondazione della pavimentazione, dovrà, invece, presentare un grado di costipamento pari o superiore al 95%; il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) dovrà risultare non inferiore a 50 MPa, nell'intervallo compreso tra 50÷150 kPa (0,15 - 0.25 N/mm²) sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale in rilevato.

La variazione di detti valori minimi al variare della posizione all'interno del corpo del rilevato, al termine del costipamento del singolo strato, dovrà risultare lineare.

Su ciascuna sezione trasversale i materiali impiegati per ciascuno strato dovranno appartenere allo stesso gruppo. Le scarpate dovranno avere pendenze corrispondenti a quelle previste in Progetto Esecutivo ed indicate nei relativi elaborati.



La costruzione del rilevato dovrà essere programmata in maniera tale che il cedimento residuo da scontare, terminati i lavori, non sia superiore al 10% del cedimento teorico a fine consolidazione e comunque non superiore ai 5 cm.

Ogniqualevolta i rilevati siano impostati su pendii con acclività superiore al 20%, ultimata l'asportazione del terreno vegetale e fatta eccezione per diverse e più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche progettuali, si dovrà procedere all'esecuzione di una gradonatura con banche in leggera contropendenza (1% - 2%) e alzate verticali contenute in altezza.

Nel caso di allargamento di un rilevato esistente si dovrà sagomare il terreno, costituente il corpo del rilevato sul quale verrà addossato il nuovo materiale, a gradoni orizzontali, adottando le necessarie cautele volte a garantirne la stabilità. Le operazioni andranno condotte procedendo per fasi, in maniera tale da far seguire ad ogni gradone (di altezza massima 50 cm) la stesa del corrispondente nuovo strato di analoga altezza ed il suo costipamento, mantenendo nel contempo l'eventuale viabilità sul rilevato esistente.

L'operazione di gradonatura sarà preceduta dalla rimozione dello strato di terreno vegetale a protezione del rilevato esistente, che sarà accantonato se ritenuto idoneo, o portato a rifiuto, se inutilizzabile.

Anche il materiale di risulta, proveniente dallo scavo dei gradoni al di sotto della coltre vegetale superficiale, sarà accantonato se ritenuto idoneo e riutilizzato per la copertura delle scarpate del nuovo rilevato, o portato a rifiuto se inutilizzabile.

Impiego di terre appartenenti ai gruppi A₂₋₆ A₂₋₇

Le terre appartenenti ai gruppi A₂₋₆ ed A₂₋₇ saranno impiegate, se previsto dal progetto, e solo se provenienti dagli scavi nell'ambito del medesimo cantiere.

Il loro utilizzo è previsto per la formazione di rilevati soltanto al di sotto di 2,0 m dal piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale, previa predisposizione di uno strato anticapillare di spessore non inferiore a 30 cm.

Il grado di costipamento e l'umidità con cui costipare i rilevati formati con materiale dei gruppi in oggetto, dovranno essere preliminarmente determinati e sottoposti alla approvazione della D.L., attraverso una opportuna campagna sperimentale.

In ogni caso lo spessore degli strati sciolti non dovrà superare 30 cm ed il materiale dovrà essere convenientemente disaggregato.

Controlli prestazionali



Se queste terre provengono da formazioni geologiche per le quali la percentuale passante al setaccio ASTM n. 200 non è ritenuta rappresentativa delle reali caratteristiche del materiale, la Direzione Lavori potrà ordinare l'esecuzione di uno specifico campo prove sulla base dei cui esiti, a suo insindacabile giudizio, valutarne le possibilità di riutilizzo, sulla base del possesso dei seguenti requisiti:

- la percentuale di passante al setaccio ASTM n. 200 sia inferiore al 12%;
- sia posta particolare attenzione alla fase di costipamento, soprattutto al contenuto d'acqua nella frazione fine;
- sia utilizzato un rullo con tamburo vibrante e vengano effettuate passate con differente ampiezza della vibrazione (alta inizialmente per il costipamento della parte profonda, più bassa successivamente per gli strati superiori);
- il modulo di deformazione M_d ottenuto da prove di carico su piastra, nell'intervallo di carico compreso tra 50÷150 kPa (0,05 e 0,15 N/mm²), risulti sempre maggiore di 40 MPa, anche nelle condizioni più sfavorevoli;
- il grado di addensamento determinato con prove di carico a doppio ciclo debba preferibilmente giungere ad un rapporto M_d/M_d' uguale o maggiore di 0,15.

Impiego di terre appartenenti ai gruppi A₄, A₅, A₆, A₇

In fase di progetto, con le modalità descritte al paragrafo 4, verrà stabilito se le terre provenienti da scavi di sbancamento e di fondazione appartenenti ai gruppi A₄, A₅, A₆, A₇ potranno essere riutilizzate previa stabilizzazione a calce e/o cemento, ovvero conferite ad aree di deposito delle terre di scarto.

Tale lavorazione presuppone, obbligatoriamente, l'esecuzione, nell'ambito del progetto, di uno specifico studio sperimentale, supportato da prove di laboratorio, secondo le modalità descritte al par. 4).

Lo spessore degli strati da stabilizzare non dovrà superare i 30 cm.

Il progetto (Relazione del Piano di Gestione Materie) dovrà definire i quantitativi di materie provenienti dagli scavi, riutilizzabili in rilevato. L'Impresa non potrà, quindi, pretendere sovrapprezzi, né prezzi diversi da quelli stabiliti in elenco, per la formazione dei rilevati qualora, pur essendoci disponibilità ed idoneità di materie idonee provenienti dagli scavi, essa ritenesse di sua convenienza, per evitare rimaneggiamenti o trasporti a suo carico, di ricorrere, in tutto o in parte, a fornitura da cava.

È fatto obbligo all'Impresa di confermare alla D.L. l'utilizzo, per la fornitura di materiali per la costruzione dei rilevati, delle cave indicate in progetto. La D.L. si riserverà la facoltà di far analizzare i



materiali provenienti dai siti estrattivi indicati in progetto dal Centro Sperimentale dell'ANAS di Cesano (Roma) o presso altri Laboratori ufficiali.

Solo dopo che la D.L. abbia autorizzato l'utilizzazione della cava, l'Impresa sarà autorizzata a sfruttarla per il prelievo dei materiali da portare in rilevato.

L'accettazione della cava da parte della D.L. non esime, comunque, l'Impresa dall'assoggettarsi, in ogni periodo di tempo, all'esame delle materie, che dovranno corrispondere sempre a quelle di prescrizione e pertanto, ove la cava in seguito non si dimostrasse capace di produrre materiale idoneo per una determinata lavorazione, essa non potrà più essere utilizzata.

2.5.3 Stesa dei materiali

La stesa del materiale dovrà essere eseguita con sistematicità, per strati di spessore costante e con modalità e attrezzature atte a evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua.

Durante le fasi di lavoro si dovrà garantire il rapido deflusso delle acque meteoriche conferendo sagomature aventi pendenza trasversale non inferiore al 2%. In presenza di strati di rilevati rinforzati, o di muri di sostegno in genere, la pendenza trasversale sarà contrapposta ai manufatti.

Ciascuno strato potrà essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere certificato mediante prove di controllo l'idoneità dello strato precedente.

Lo spessore dello strato sciolto di ogni singolo strato sarà stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali e delle modalità di compattazione e della finalità del rilevato.

Lo spessore non dovrà risultare superiore ai seguenti limiti:

- 50 cm per rilevati formati con terre appartenenti ai gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃ o con rocce frantumate;
- 30 cm per rilevati eseguiti con terre appartenenti ai gruppi A₂₋₆, A₂₋₇.

Per i rilevati delimitati da opere di sostegno rigide o flessibili (quali gabbioni) sarà tassativo che la stesa avvenga sempre parallelamente al paramento esterno.

La compattazione potrà aver luogo soltanto dopo aver accertato che il contenuto d'acqua delle terre sia prossimo ($\pm 1,5\%$ circa) a quello ottimo determinato mediante la prova AASHO Modificata (UNI EN 13286).

Se tale contenuto dovesse risultare superiore, il materiale dovrà essere essiccato per aerazione; se inferiore, l'aumento sarà conseguito per umidificazione e con modalità tali da garantire una distribuzione uniforme entro l'intero spessore dello strato.

Le attrezzature di costipamento saranno lasciate alla scelta dell'Impresa ma dovranno comunque essere atte ad esercitare sul materiale, a seconda del tipo, un'energia costipante tale da assicura-



re il raggiungimento del grado di costipamento prescritto. Il tipo, le caratteristiche e il numero dei mezzi di compattazione nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza) dovranno essere sempre sottoposte alla preventiva approvazione della D.L..

La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme; a tale scopo i rulli dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele, garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente pari almeno al 10% della larghezza del rullo.

Per garantire una compattazione uniforme lungo i bordi del rilevato, le scarpate dovranno essere riprofilate, una volta realizzata l'opera, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma.

In presenza di paramenti flessibili e murature laterali, la compattazione a tergo delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse.

Le terre trasportate mediante autocarri o mezzi simili non dovranno essere scaricate direttamente a ridosso delle murature, ma dovranno essere depositate in loro vicinanza e successivamente predisposte in opera con mezzi adatti, per la formazione degli strati da compattare.

Si dovrà inoltre evitare di realizzare rilevati e/o rinterri in corrispondenza di realizzazioni in muratura che non abbiano raggiunto le sufficienti caratteristiche di resistenza.

Nel caso di inadempienza delle prescrizioni precedenti sarà fatto obbligo all'appaltatore, ed a suo carico, di effettuare tutte le riparazioni e ricostruzioni necessarie per garantire la sicurezza e la funzionalità dell'opera.

Inoltre, si dovrà evitare che i grossi rulli vibranti operino entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti della terra rinforzata o flessibili in genere.

A tergo dei manufatti si useranno mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, rulli azionati a mano, provvedendo a garantire i requisiti di deformabilità e addensamento richiesti, anche operando su strati di spessore ridotto.

Nella formazione di tratti di rilevato rimasti in sospeso, per la presenza di tombini, canali, cavi, ecc. si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata, impiegando materiali e livelli di compattazione identici.

A ridosso delle murature dei manufatti il progetto potrà prevedere la stabilizzazione a cemento dei rilevati mediante miscelazione in sito del legante con i materiali costituenti i rilevati stessi, privati però delle pezzature maggiori di 40 mm. La D.L., qualora tale lavorazione non fosse stata prevista in progetto e laddove lo ritenesse necessario, ha facoltà di ordinarne l'esecuzione.

Il cemento sarà del tipo normale ed in ragione di 25-50 kg/m³ di materiale compattato. La D.L. prescriverà il quantitativo di cemento in funzione della granulometria del materiale da impiegare.



La miscela dovrà essere compattata fino al 95% della massa volumica del secco massima, ottenuta con energia AASHO Modificata (UNI 13286), (CNR 22 - 1972), procedendo per strati di spessore non superiore a 30 cm.

Tale stabilizzazione a cemento dei rilevati dovrà interessare una zona la cui sezione, lungo l'asse stradale, sarà a forma trapezoidale avente la base inferiore di 2,00 m, quella superiore pari a $2,00\text{ m} + 3/2\text{ h}$ e l'altezza h coincidente con quella del rilevato.

Durante la costruzione dei rilevati si dovrà disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo.

2.5.4 Condizioni climatiche

La costruzione di rilevati in presenza di gelo o di pioggia persistenti non sarà consentita in linea generale, fatto salvo particolari deroghe da parte della D.L., limitatamente a quei materiali meno suscettibili all'azione del gelo e delle acque meteoriche (es.: pietrame).

In seguito a precipitazioni intense e concentrate, l'Impresa dovrà verificare le condizioni del rilevato ed eventualmente ripristinare le condizioni iniziali.

Nella esecuzione dei rilevati con terre ad elevato contenuto della frazione coesiva si procederà, per il costipamento, mediante rulli a punte e carrelli pigiatori gommati, che consentono di chiudere la superficie dello strato in lavorazione in caso di pioggia.

Alla ripresa del lavoro la stessa superficie dovrà essere convenientemente erpicata provvedendo eventualmente a rimuovere lo strato superficiale rammollito.

2.6 RILEVATI IN TERRA STABILIZZATA CON LEGANTI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.02.019** "Miscela di inerti per stabilizzazione terre"
- **A.02.020.a** "Stabilizzazione e sistemazione di terreni - con uso di cemento"
- **A.02.020.b** "Stabilizzazione e sistemazione di terreni - con uso di calce"

Vengono realizzati con terre provenienti dagli scavi del medesimo cantiere i cui materiali soddisfino i requisiti di idoneità al trattamento.

2.6.1 Terra stabilizzata a calce

La terra stabilizzata a calce è una miscela composta da terra, calce viva od idrata e acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche chimico-fisiche e meccaniche della terra, onde ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo costipamento, risultino di adeguata ca-



pacità portante, di adeguata indeformabilità, nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo (CNR 36 - 1973).

- Affinché risulti idonea alla stabilizzazione a calce, una terra deve essere di tipo limo-argilloso, appartenente ai gruppi A_6 - A_7 , con valori dell'indice di plasticità compreso tra 10 e 50.

Possono essere stabilizzate a calce anche terre ghiaioso-argillose, ghiaioso-limose, sabbioso-argillose e sabbioso-limose (tipo A_{2-6} e A_{2-7}) qualora presentino una frazione di passante al setaccio 0,4 UNI non inferiore al 35%.

Possono essere trattate con calce anche le "vulcaniti vetrose" costituite da rocce pozzolaniche ricche di silice amorfa reattiva.

La loro curva granulometrica deve rientrare nel fuso appresso riportato (CNR 36 - 1973):

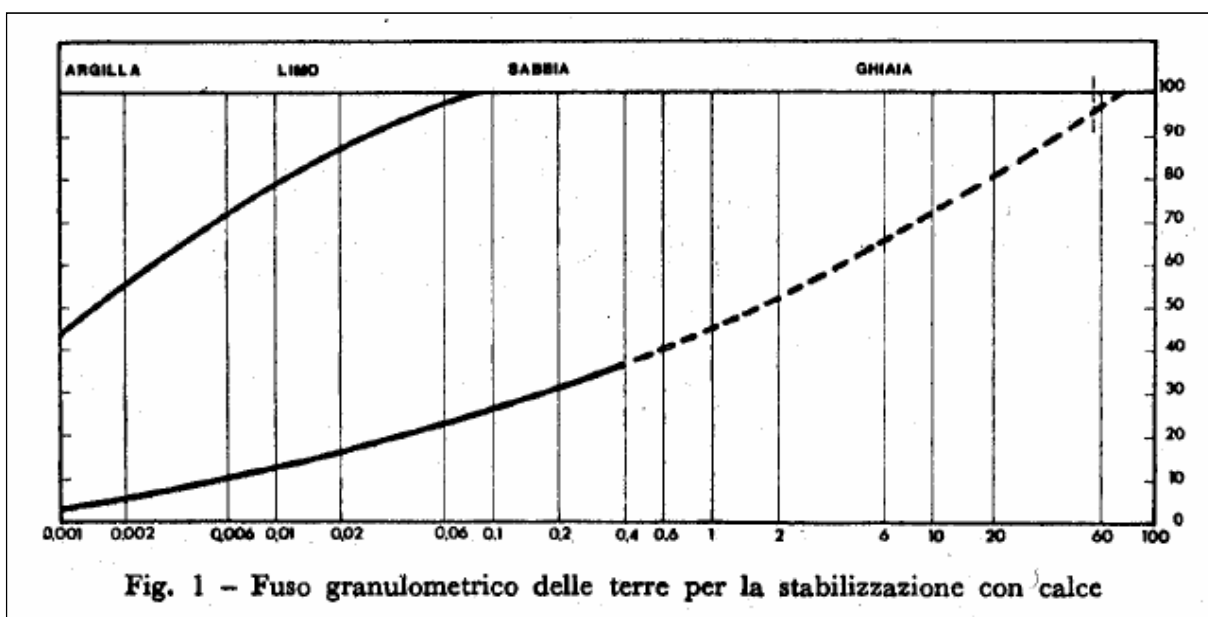


Fig. 1 - Fuso granulometrico delle terre per la stabilizzazione con calce

il diametro massimo degli elementi viene definito in funzione dell'impiego della miscela (CNR n.36 - 1973).

- Le terre impiegate non dovranno presentare un contenuto di sostanza organica superiore al 2%.

La D.L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione siano tali da indicare che percentuali più elevate di sostanza organica garantiscano comunque i requisiti di resistenza, indeformabilità e durabilità richiesti.

- Le terre impiegate non dovranno avere un contenuto di solfati superiore all'1%.



La D.L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione siano tali da indicare che percentuali più elevate di solfati garantiscano comunque i requisiti di resistenza richiesti.

La calce idrata dovrà essere conforme alle norme per l'accettazione delle calce di cui alle disposizioni vigenti.

- Il valore di VB nella prova del blu di metilene dev'essere > di 200 centimetri cubi di soluzione (10 g/l) di per 100 grammi della frazione di terra passante al setaccio da 0,25 mm UNI 2332, determinato in conformità alla Norma UNI-EN 933-9;
- Il valore CIC, determinato secondo norma ASTM C977-92, deve essere maggiore dell'1,5% come verifica di idoneità, dove per CIC, si intende il consumo iniziale di calce ovvero della quantità di calce necessaria per soddisfare le reazioni immediate terra-calce, in relazione alla capacità di scambio cationico dei minerali d'argilla.

E' indispensabile che, in fase di progetto, la previsione di stabilizzazione con calce di terre sia supportata da uno studio sperimentale, basato su una serie di prove di laboratorio geotecnico, di seguito elencate, per verificare sia l'idoneità al trattamento con calce, sia l'indicazione della miscela di progetto, espressa in tenore percentuale di calce.

Tab.4 **Caratteristiche di idoneità alla stabilizzazione a calce**

Proprietà	Valori ammissibili
Gruppo di appartenenza	A ₆ - A ₇ con 10 ≤ IP ≤ 50
	A ₂₋₆ e A ₂₋₇ passante al setaccio 0.4 UNI ≥ 35%
S.O.V.	≤ 2%
Contenuto in solfati	≤ 1%
VB	>200
CIC	> 1.5%

A. Prove sul materiale prima del trattamento

Su campione rimaneggiato (da pozzetto geognostico)

- Analisi granulometrica;
- Limiti di Atterberg;



- Valore al Blu di Metilene;
- Tenore in sostanze organiche;
- Tenore in solfati;
- Consumo iniziale di calce (C.I.C.);
- Prova di costipamento Proctor modificata;
- Prova di resistenza al punzonamento CBR non imbibito;
- Prova di resistenza al punzonamento CBR dopo imbibizione per 96 ore.

Su campione indisturbato(eventuale)

- Prova di compressione semplice;
- Prova di compressione edometrica.

Una volta verificata l'idoneità del terreno alla stabilizzazione, devono essere eseguite le prove sulle miscele terra-calce, a seguito delle quali, da una valutazione congiunta dei risultati, verrà individuata la miscela ottimale da utilizzare.

B. Prove sulla miscela terra – calce

La percentuale di calce viva va valutata a partite dal CIC + 0.5% in su, per tre diverse miscele.

Per ogni miscela, dopo 1 e 14 gg, almeno, di maturazione, vanno determinati:

- Limiti di Atterberg;
- Analisi granulometrica;
- Classificazione UNI 13242-UNI 14688-UNI 13285;
- Prova di costipamento Proctor modificata (UNI EN 13286);
- CBR (UNI EN 13286) senza maturazione;
- CBR dopo maturazione a 7 giorni e 28 giorni ed imbibizione per 96 ore (CNR UNI 10009);
- Prova di compressione monoassiale ad espansione laterale libera (ELL) (ASTM 2166), dopo maturazione a 7 giorni;
- Prova di compressione edometrica.

Il valore dell'indice CBR deve risultare in ogni caso adeguato alla specifica destinazione del materiale.

Esso dovrà essere determinato dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua, seguendo la procedura indicata nella norma CNR -UNI 10009.

Le curve dell'indice CBR, delle caratteristiche di costipamento ottenute con energia AASHO Modificata (UNI EN 13286) e della resistenza a compressione, dovranno essere tracciate in base ai risultati su miscele sperimentali con diversi tenori di calce, permettendo di definire come variano con la quantità di calce i valori massimi dell'indice CBR, della massa volumica del secco, i corrispondenti valori di umidità ottima e l'eventuale resistenza a compressione.



Noti questi valori, verrà definita, di volta in volta, la composizione preventiva della miscela di progetto in modo che:

- il suo tenore in acqua sia non inferiore a quello che si avrà operando nelle condizioni di cantiere di una miscela di pari contenuto in calce;
- il suo tenore in calce sia sufficiente a garantire che la miscela presenti le caratteristiche di portanza, costipabilità e stabilità richieste nel progetto.

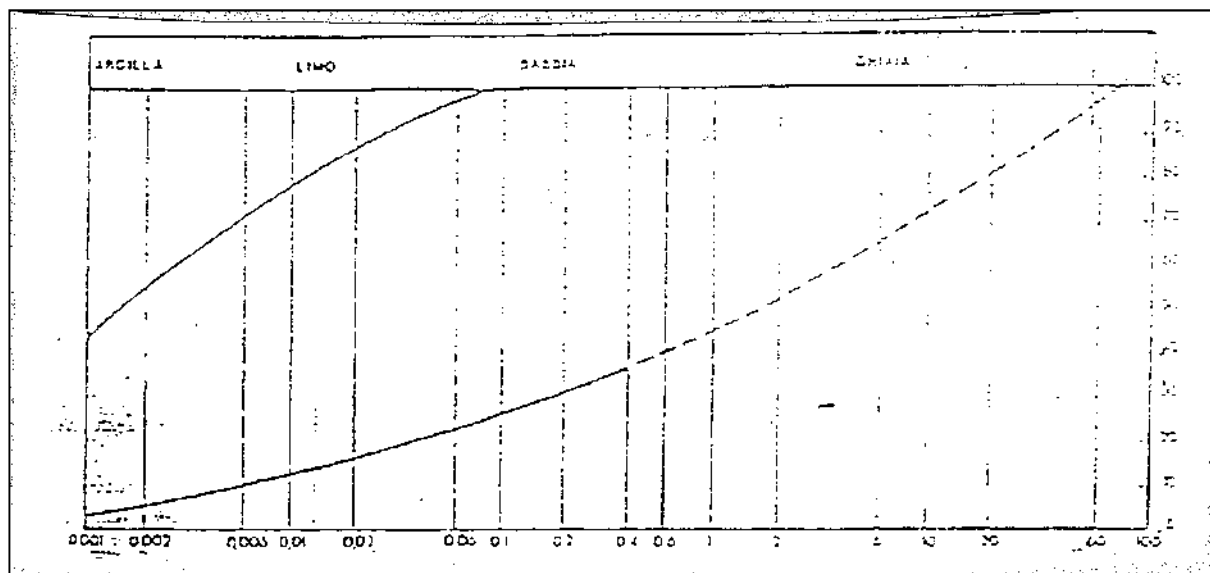
2.6.2 Terra stabilizzata a cemento

La terra stabilizzata a cemento è una miscela composta da terra, cemento e acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche fisico-chimico e meccaniche della terra onde ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo costipamento, risultino di adeguata capacità portante, di adeguata indeformabilità, nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo.

- Una terra affinché risulti adatta alla stabilizzazione a cemento deve essere di tipo sabbioso, ghiaioso, sabbioso-limoso e/o argilloso, ghiaioso-limoso e/o argilloso e limoso, ed avere indice di plasticità normalmente minore di 15.

Possono essere trattati a cemento anche materiali friabili o profondamente alterati, purché riconducibili con un adeguato trattamento alle volute funzioni portanti.

La loro curva granulometrica deve rientrare nel fuso appresso riportato:



il diametro massimo degli elementi dovrà essere definito in funzione dell'impiego della miscela, preferibilmente dovrà essere inferiore ai 50 mm.

Il passante al setaccio 0.075 mm non deve superare il 50%.

- Il tipo di cemento da impiegare dovrà essere del tipo Portland 32,5.



- Le terre impiegate non dovranno presentare un contenuto di sostanza organica superiore al 2%.

La D.L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione siano tali da indicare che percentuali più elevate di sostanza organica garantiscano comunque i requisiti di resistenza, indeformabilità e durabilità richiesti.

- Inoltre, le terre impiegate non dovranno avere un contenuto di solfati superiore all'1%.

La D.L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione, siano tali da indicare che percentuali più elevate di solfati garantiscano comunque i requisiti di resistenza richiesti.

La quantità di acqua e di cemento con cui effettuare l'impasto con i terreni da riqualificare (miscela di progetto) va determinata preliminarmente (alla posa in opera in sito) in laboratorio in base a prove CBR (CNR - UNI 10009), a prove di costipamento e prove di rottura a compressione, ed a qualsiasi altra prova che si ritenga necessaria.

Il valore dell'indice CBR deve risultare in ogni caso adeguato alla specifica destinazione del materiale.

Esso viene determinato dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua, seguendo la procedura indicata nella norma CNR -UNI 10009.

Le curve dell'indice CBR, delle caratteristiche di costipamento ottenute con energia AASHO Modificata (UNI EN 13286) e della resistenza a compressione, dovranno essere tracciate in base ai risultati su miscele sperimentali con diversi tenori di cemento, permettendo di definire come variano con la quantità di cemento i valori massimi dell'indice CBR, della massa volumica del secco, i corrispondenti valori di umidità ottima e l'eventuale resistenza a compressione.

Noti questi valori, verrà definita, di volta in volta, la composizione preventiva della miscela di progetto in modo che:

- il suo tenore in acqua sia non inferiore a quello che si avrà operando nelle condizioni di cantiere di una miscela di pari contenuto in cemento;
- il suo tenore in cemento sia sufficiente a garantire che la miscela presenti le caratteristiche di portanza, costipabilità e stabilità richieste nel progetto.

2.6.3 Piano di appoggio della sovrastruttura (sottofondo)

Il valore minimo prescritto per l'indice CBR all'umidità ottima (CNR-UNI 10009) dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 60, con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1%.



Per quanto riguarda le caratteristiche di deformabilità, queste dovranno risultare non minori di 50 MPa (CNR 146 - 1992), nell'intervallo di carico tra 0.15 - 0.25 N/mm².

2.6.4 Resistenza al gelo

Nel caso in cui la terra debba essere impiegata in zone in cui l'azione del gelo non è occasionale, si debbono porre in atto ulteriori indagini e provvedimenti suggeriti dalle condizioni locali d'impiego onde evitare l'ammaloramento del materiale in opera per effetto del gelo. Un aumento del dosaggio del legante può risultare utile a questo scopo.

2.6.5 Modalità di lavorazione

La stabilizzazione dei terreni con leganti implica il miglioramento delle caratteristiche della terra; i requisiti di idoneità della miscela ottenuta verranno accertate mediante prove di resistenza a compressione o prove di carico, e qualsiasi altra prova necessaria.

I procedimenti di riabilitazione o di stabilizzazione dei terreni argillosi con calce potranno avvenire con trattamento in sito (impianti mobili) oppure predisponendo le miscele da porre in opera in adeguati impianti fissi; comunque la miscela, una volta stesa, dovrà presentarsi uniformemente mescolata ed opportunamente umidificata secondo l'umidità ottima determinata mediante la relativa prova di laboratorio, e comunque non maggiore dell'1.5% dell'ottimo indicato nel progetto della miscela.

La suddetta umidità dovrà essere determinata a miscela posta in opera e sarà determinata in sito mediante metodologie rapide definite dalla D. L..

Inoltre tale umidità dovrà essere mantenuta costante sino al termine delle operazioni di posa in opera.

Il singolo strato non dovrà avere spessore superiore ai 30 cm.

Tutti i processi dovranno comunque essere preventivamente approvati dalla D.L. e dovranno essere realizzati dall'Impresa sotto le disposizioni della stessa D.L..

Il trattamento in sito, eseguito sotto il controllo e le direttive della D.L., dovrà prevedere le seguenti fasi operative:

- scarificazione ed eventuale polverizzazione con ripper di motolivellatrici o con lame scarificatrici ed erpici a disco;
- spandimento del cemento in polvere mediante adatte macchine spanditrici; tale spandimento dovrà essere effettuato esclusivamente su quella porzione di terreno che si prevede di trattare entro la giornata lavorativa; si dovrà impedire a qualsiasi macchinario, eccetto quello necessario che verrà impiegato per la miscelazione, di attraversare la porzione di



terreno sulla quale è stato steso il legante, fino a quando questo non sia stato miscelato con il terreno.

- Il quantitativo necessario al trattamento dell'intero strato sarà distribuito in maniera uniforme sulla superficie ed in maniera da risultare soddisfacente al giudizio della D.L.;
- mescolazione con adeguati mescolatori ad albero orizzontale rotante. Il numero di passate dipende dalla natura del suolo e dal suo stato idrico. Si dovrà inoltre garantire un adeguato periodo di maturazione della miscela, da determinarsi di volta in volta a seconda della natura dei terreni.

L'Impresa dovrà garantire una adeguata polverizzazione della miscela, che si considera sufficiente quando l'80% del terreno, ad esclusione delle porzioni lapidee, attraversa il setaccio 4 UNI (apertura di 4,76 mm).

Nel caso in cui le normali operazioni di mescolazione non dovessero garantire questo voluto grado di polverizzazione, l'Impresa dovrà procedere ad una preventiva polverizzazione della terra, affinché si raggiungano tali requisiti nella mescolazione dell'impasto.

- compattazione e finitura con rulli a "piedi di montone", che precedono i passaggi di rulli gommati pesanti e/o rulli lisci vibranti. La sagomatura finale dovrà essere operata mediante motolivellatrice.

La velocità di compattazione dovrà essere tale da far sì che il materiale in oggetto venga costipato prima dell'inizio della presa del legante.

Nella stabilizzazione a cemento, dopo il costipamento, si dovrà predisporre un adeguato strato di protezione per la maturazione, evitando di disturbare lo strato nella fase di presa per almeno 24 ore.

Le operazioni di trattamento e posa in opera della terra stabilizzata dovranno essere effettuate in condizioni climatiche tali da garantire il voluto contenuto di acqua determinato attraverso la campagna sperimentale preliminare, ed inoltre si richiede per la posa in opera una temperatura minima di 7 °C.

Al termine della giornata di lavoro, e comunque in corrispondenza delle interruzioni delle lavorazioni, si dovrà predisporre, in corrispondenza della parte terminale dello strato, una traversa al fine di far sì che anche porzione risulti soddisfacentemente costipata nonché livellata.

Il trattamento effettuato con adeguati impianti fissi o mobili dovrà essere approvato preventivamente dalla D.L., la quale potrà intervenire con opportune direttive, variazioni e/o modifiche durante la posa in opera dei materiali.

2.6.6 Sistemazione delle scarpate in rilevato

Articoli di Elenco Prezzi correlati:



- **A.02.004.a** "Fornitura di terreno vegetale per rivestimento delle scarpate - fornito dall'Impresa"
- **A.02.004.b** "Fornitura di terreno vegetale per rivestimento delle scarpate - da depositi dell'Amministrazione"

Si dovrà garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate mediante la stesa di uno strato di terreno e di idonea copertura vegetale. Nel primo caso, si applicherà uno strato di 30 cm di spessore, da stendere a cordoli orizzontali opportunamente costipati seguendo dappresso la costruzione del rilevato e ricavando gradoni di ancoraggio. Nel caso in cui il rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso, tali gradoni non saranno necessari.

Il terreno vegetale deve essere tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso, seminato tempestivamente, con essenze corrispondenti a quelle previste in Progetto, scelte per ottenere i migliori risultati in relazione al periodo operativo ed alle condizioni locali.

La semina dovrà essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

Non è consentita l'applicazione, a partire dalle scarpate del rilevato, di elementi vegetali (talee, astoni, specie erbacee a radicamento profondo) che, penetrando all'interno del corpo del rilevato, possano pregiudicarne la stabilità e la necessaria integrità strutturale.

Nel caso di sospensione della costruzione del rilevato, l'Impresa sarà tenuta ad adottare ogni provvedimento volto ad evitare infiltrazioni di acque meteoriche nel corpo dello stesso. Allo scopo, le superfici, ben livellate e compattate, dovranno risultare sufficientemente chiuse e presentare pendenza trasversale non inferiore al 4%.

Alla ripresa delle lavorazioni, la parte di rilevato già eseguita dovrà essere ripulita dalle erbe e dalla vegetazione in genere che vi si fosse insediata, dovrà inoltre essere aerata, praticandovi dei solchi per il collegamento dei nuovi materiali come quelli precedentemente impiegati e dovranno essere ripetute le prove di controllo della compattazione, della deformabilità e delle caratteristiche prestazionali.

Qualora lungo le scarpate dovessero comunque manifestarsi erosioni di sorta, l'impresa dovrà provvedere al restauro delle zone ammalorate a sua cura e spese e secondo le disposizioni impartite di volta in volta dalla D.L..

Se nei rilevati avvenissero cedimenti dovuti a trascuratezza delle buone norme esecutive, l'Appaltatore sarà obbligato ad eseguire a sue spese i lavori di ricarica, rinnovando, ove occorre, anche la sovrastruttura stradale.



7. RILEVATI IN TERRA RINFORZATA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.02.019** "Miscela di inerti per stabilizzazione terre"
- **A.02.020.a** "Stabilizzazione e sistemazione di terreni - con uso di cemento"
- **A.02.020.b** "Stabilizzazione e sistemazione di terreni - con uso di calce"

2.6.7 Descrizione e materiali

Sono rilevati realizzati, con le configurazioni geometriche rappresentate negli elaborati grafici di progetto, con l'interposizione, nel corpo del rilevato, di rinforzi (geogriglie in PE, bandelle/reti metalliche, ecc.) e paramenti di diversa tipologia. Gli elementi di rinforzo vengono usualmente disposti lungo piani di posa orizzontali durante il riempimento e la compattazione del rilevato di terreno strutturale, che avviene per strati successivi. Lo stato tensionale nel rilevato strutturale all'aumentare dei carichi è tale da mobilitare progressivamente la resistenza a trazione dei rinforzi in virtù dell'aderenza per attrito con il terreno. Pertanto, massima cura andrà posta sia in fase di progetto sia in fase di realizzazione alla opportuna scelta dei materiali (terreno, rinforzi) ed alla relativa posa in opera.

In sede di progetto e di dimensionamento delle opere, dovranno essere garantiti con studi opportunamente approfonditi i seguenti aspetti:

- Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico di dettaglio del sito di intervento; in merito alle condizioni idrogeologiche, deve essere individuato con attenzione il regime delle tensioni neutre nel terreno nelle condizioni ex ante e le relative variazioni che le opere in progetto potranno indurre;
- caratterizzazione geotecnica dei terreni di interesse progettuale, sia dal punto di vista meccanico sia dal punto di vista dinamico, mediante indagini di sito e di laboratorio;
- stabilità globale dell'area vasta di intervento, sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche, con particolare riferimento alla sensibilità del sito ai livelli di falda ed alle sue variazioni; tali studi vanno condotti sia sulla condizione ex ante sia sulla condizione finale in presenza delle opere;
- suscettibilità alla liquefazione in condizioni sismiche;
- potenziale dei cedimenti e loro andamento nel tempo, con eventuale progetto di interventi di limitazione dei cedimenti assoluti e/o differenziali od accelerazione del relativo decorso;
- stabilità locale delle opere in relazione alle caratteristiche meccaniche e dinamiche dei terreni di fondazione, alle caratteristiche geometriche del solido stradale ed alle azioni ambientali previste;
- interventi di drenaggio dei terreni di fondazione e del versante (in caso di opere a mezza costa o di controripa) nonché del corpo di rilevato medesimo, studio dei recapiti delle acque



drenate, allontanamento delle acque di superficie.

In ogni caso, l'impiego dei rilevati in terra rinforzata per impieghi su versanti deve essere attentamente valutato sulla base di studi di stabilità che prendano in conto, sia mediante calcolazioni analitiche e numeriche basate su dati geotecnici completi ed affidabili, sia sulla base dei risultati di monitoraggi adeguatamente estesi nel tempo (anche su base storica). Gli studi di stabilità non devono limitarsi all'immediato intorno dell'opera ma devono essere estesi ad un'area/volume in accordo alle conclusioni degli studi di carattere geomorfologico ed idrogeologico.

Il progetto di rilevati in terra rinforzata deve tenere conto del rapporto fra altezza netta totale dell'opera in terra rinforzata e la larghezza a terra del solido stradale contestualmente realizzato (in particolare, nel caso di ampliamento di rilevati esistenti si deve tenere conto dell'impronta a terra della sola parte in ampliamento); qualora tale rapporto risultasse maggiore di 1,25 gli studi prima illustrati devono prendere in conto tutte le possibili condizioni di interazione fra i corpi di rilevato esistenti e di nuova realizzazione, con particolare riferimento alla superficie di interfaccia, al regime delle tensioni neutre ed al potenziale di sviluppo di cedimenti differenziali, anche indotti sui rilevati esistenti. Infine, attente valutazioni devono prendere in conto la stabilità del terreno di fondazione delle parti di rilevato in ampliamento, al fine di individuare condizioni per le quali mettere in opera opportuni interventi di presidio, anche strutturali.

Nei due casi notevoli prima illustrati (opere su versante; opere di altezza significativa) è necessario prevedere un sistema di monitoraggio che sia in grado di registrare l'andamento degli spostamenti di punti notevoli del rilevato (od altre grandezze indice, da stabilire in fase di progettazione) al fine di individuare per tempo il possibile insorgere di condizioni di attenzione o di rischio per la stabilità dell'opera.

Per quanto riguarda le caratteristiche del terreno di riempimento, dovranno essere impiegati esclusivamente materiali appartenenti ai gruppi A_1 e A_3 ; il materiale appartenente al gruppo A_3 dovrà presentare un coefficiente di uniformità maggiore o uguale a 7, e comunque con pezzatura massima non superiore a 71 mm, A_{2-4} e A_{2-5} .

In ogni caso, dovranno essere esclusi i materiali che, da prove opportune, presentino valori dei parametri geotecnici (angoli d'attrito e coesione) minori di quelli previsti in progetto.

Il peso di volume del terreno di riempimento, in opera compattato, dovrà essere non inferiore a 18 kN/m^3 .

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate direttamente sui materiali in banco a piè d'opera, mediante le seguenti prove di laboratorio.

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante



al setaccio 0,4 UNI 2332;

- prova di compattazione AASHTO.

Le prove andranno distribuite in frequenza (funzione dei volumi dei materiali complessivamente approvigionati) in modo tale da essere certamente rappresentative delle caratteristiche dei materiali utilizzati.

2.6.8 Modalità esecutive – Compattazione

Prevedendosi l'uso di rinforzi (metallici, con l'impiego di geotessili, ecc.) per i materiali impiegati dovranno essere preliminarmente verificate le concentrazioni dei seguenti composti o parametri e la loro rispondenza ai limiti di seguito indicati:

Composto/Parametro	Valori limite
Contenuto in sali	
Solfuri	Assenti
Solfati, solubili in acqua	< 500 mg/kg
Cloruri	< 100 mg/kg
pH	Tra 5 e 10
Resistività elettrica	> 1.000 $\Omega \cdot \text{cm}$ per opere all'asciutto
	>3.000 $\Omega \cdot \text{cm}$ per opere immerse in acqua

La compattazione di detti materiali dovrà risultare tale da garantire una massa volumica del secco, misurata alla base di ciascuno strato, non inferiore al 95% della massa volumica del secco massima individuata mediante la prova AASHTO Mod. (UNI EN 13286), (CNR 22 – 1972), ed il modulo di deformabilità (CNR 146 – 1992) non dovrà essere inferiore ai 20 MPa, nell'intervallo di carico tra 0,05 – 0,15 N/mm².

Le caratteristiche dei mezzi di compattazione, nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza) devono essere tali da garantire la prevista densità finale del materiale.

In ogni modo, deve ritenersi esclusa la possibilità di compattazione con pale meccaniche. Nel caso in cui lo sviluppo planimetrico dei manufatti sia modesto e gli spazi di lavoro disponibili siano esigui, si useranno mezzi di compattazione leggeri, quali piastre vibranti e costipatori vibranti azionati a mano.



La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme. A tale scopo, i mezzi dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele, garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente pari al 10% della larghezza del mezzo costipante. La compattazione a tergo delle opere eseguite dovrà essere tale da escludere una riduzione dell'addensamento e nello stesso tempo il danneggiamento delle opere stesse. In particolare, si dovrà fare in modo che i compattatori a rullo operino ad una distanza non inferiore a 0,50 m dal paramento esterno, e procedere quindi ad una successiva compattazione della porzione di terreno posta ad una distanza inferiore a 0,50 m dal paramento con macchine operatrici di tipo portatile ("rana compattatrice" o piastra vibrante). Questo procedimento garantisce che non possano essere generate deformazioni locali indotte dal passaggio o urto meccanico dei mezzi contro i componenti del sistema. In ogni caso, nel caso di danni causati dalle attività di cantiere o dovuti ad eventi meteorologici durante la costruzione, si dovrà provvedere al ripristino delle condizioni iniziali.

La costruzione dei rilevati in presenza di gelo o di pioggia persistenti non sarà consentita in linea generale, tranne per quei materiali meno suscettibili all'azione del gelo e delle acque meteoriche (es. ghiaia).

2.7 RILEVATI ALLEGGERITI

2.7.1 Rilevati in argilla espansa

Nei casi in cui il volume geotecnicamente significativo, al di sotto del piano di posa di rilevati, sia costituito, in tutto o in parte, da terreni normalconsolidati ad elevata deformabilità, in grado di manifestare cedimenti fortemente differiti nel tempo (terreni torbosi, argille tenere ad elevato tenore di sostanza organica e simili) il Progetto potrà vantaggiosamente prevedere, nei tratti interessati, la formazione di rilevati alleggeriti, tramite l'impiego di argilla espansa. Questa è formata da granuli di varie dimensioni, assortiti granulometricamente, corrispondenti alle specifiche di seguito indicate:

Granulometria	3 - 8	8 - 20	0 - 30
Densità kg/m ³	380	330	< 450
Resistenza allo schiacciamento dei granuli (UNI 7549/7) N/mm ²	1,5	0,7	> 1,3
Conducibilità a secco W/mK	0,09	0,09	0,09
Resistenza al fuoco	Classe 0 (<i>incombustibile</i>)		



Il piano di posa dovrà risultare regolare, con il geotessuto ben steso ed aderente al piano di imposta, e con teli di geotessuto integri e regolarmente sovrapposti. Si procederà quindi alla formazione dei riporti.

In generale l'argilla espansa è posta in opera in più strati, con interposizione di uno strato di misto granulare il cui spessore, dopo compattazione, dovrà risultare non inferiore a 200 mm. Lo spessore degli strati di argilla espansa varia in relazione al tipo di sezione (60 – 80 cm circa).

La posa degli strati di argilla espansa dovrà avvenire spingendo il materiale in avanzamento con un mezzo cingolato o gommato. Gli strati intermedi di misto granulare verranno stesi con modalità analoghe a quelle sopra scritte per l'argilla espansa, scaricandoli dai mezzi di trasporto in sito o in aree adiacenti e spingendoli poi con mezzi idonei per formare lo strato dello spessore prescritto.

L'addensamento dovrà avvenire agendo sugli strati di misto granulare, utilizzando rulli a tamburo liscio, vibranti e non, con caratteristiche di peso e frequenza da definire in funzione dell'altezza dello strato.

Si tenga in considerazione che il corretto addensamento dell'argilla espansa corrisponde, indicativamente, ad un calo volumetrico pari a circa il 17 % (contro il 25 % circa del misto di cava tradizionale).

La sequenza della lavorazione prevede, dopo la preparazione del piano di posa e la posa del geotessile non tessuto, la posa del primo strato di argilla espansa, quindi la posa di un ulteriore strato di geotessile non tessuto, quindi la posa ed allineamento del primo strato di misto granulare di cava e la sua compattazione, quindi, eseguiti i relativi controlli, la posa del successivo strato di argilla espansa e così via in funzione dell'altezza del rilevato.

Lo strato finale di misto di cava dovrà essere di spessore non inferiore a 300 mm (valore consigliato 400 mm).

2.7.2 Rilevati in EPS (Polistirene Espanso Sinterizzato)

In presenza di terreni recenti ad elevata deformabilità, i cui tempi di consolidazione non siano compatibili con le esigenze di cantiere, il progetto potrà prevedere l'impiego di materiali leggeri ad elevata resistenza, quali i blocchi in EPS.

L'impiego di tali materiali dovrà avvenire a valle di una specifica modellazione 3D dell'interazione terreno-rilevato, che evidenzia i differenti comportamenti con EPS e terre naturali, sia sul sedime d'imposta che sulle eventuali strutture limitrofe (abitazioni, linee ferroviarie, etc). In tale modellazione si dovranno verificare che le deformazioni ammissibili, dovute a carichi permanenti ed accidentali, non superino il 3%. Oltre tale limite il materiale presenta una deformazione permanente e



progressiva della struttura cellulare, che potrebbe non essere compatibile con la funzionalità dell'opera.

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla modellazione sopra citata, le caratteristiche meccaniche dovranno comunque risultare non inferiori a:

- per EPS 150 - Blocchi in EPS idonei alla formazione di rilevati stradali a forma di parallelepipedo, con dimensioni orientative 2000x1000x500 nella tipologia EPS 150 (densità circa 25 kg/mc):
 - Resistenza a trazione 150 KPa
 - Resistenza a flessione 250 KPa
 - Resistenza a taglio 100 KPa
 - Sollecitazione di compressione all'1% di deformazione 0,10 MPa
 - Sollecitazione di compressione al 5% della deformazione 0,12 MPa
 - Reazione al Fuoco Euroclasse E
- Per EPS 120 - Blocchi in EPS idonei alla formazione di rilevati stradali a forma di parallelepipedo, con dimensioni orientative 2000x1000x500 nella tipologia EPS 120 (densità circa 20 kg./mc):
 - Resistenza a trazione 120 KPa
 - Resistenza a flessione 200 KPa
 - Resistenza a taglio 85 KPa
 - Sollecitazione di compressione all'1% di deformazione 0,080 MPa
 - Sollecitazione di compressione al 5% della deformazione 0,100 MPa
 - Reazione al Fuoco Euroclasse E

2.8 RILEVATI SOTTOFONDATI SU PALI

2.8.1 Descrizione

In presenza di terreni fortemente deformabili, con modalità non affrontabili con altri metodi, il Progetto potrà prevedere la realizzazione di un sistema di elementi che consentano la riduzione dei cedimenti attesi sia assoluti sia differenziali.

Tale sistema, i cui dettagli saranno rappresentati negli elaborati di Progetto Esecutivo, sarà costituito da pali di fondazione opportunamente disposti, collegati da uno strato di terreno di ripartizione, rinforzato con interposizione di geogriglie o altri elementi strutturali sui quali realizzare il rilevato.

Per i singoli elementi costitutivi (pali, elementi strutturali, rilevato) si rimanda alle specifiche sezioni del Capitolato.



3 E.01 DRENI

I dreni sono identificati dalle seguenti tipologie esecutive:

- - dreni verticali prefabbricati;
- - dreni in ghiaia;
- - dreni in sabbia.

Le caratteristiche dei dreni, per quanto concerne il tipo, interasse, lunghezza, diametro e disposizione, saranno definite dal progetto.

Hanno la funzione di realizzare nel terreno percorsi preferenziali per la raccolta delle acque ed accelerare i processi di consolidazione dei terreni argillosi saturi in corrispondenza dei rilevati. Eventuali proposte di variazione rispetto alle caratteristiche tipologiche prefissate, dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della D.L..

Tali variazioni dovranno comunque essere tali da garantire la medesima capacità e funzionalità.

3.1 DRENI PREFABBRICATI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **E.01.017** "Geodreni verticali a nastro"
- **E.01.021.a** "Pannello drenante prefabbricato - dimensione nominale fino a mc 0,30"
- **E.01.010.b** "Pannello drenante prefabbricato - dimensione nominale da mc 0,31 a mc 0,60"

3.1.1 Descrizione

Sono dreni prefabbricati industrialmente, costituiti da nastri flessibili ed arrotolabili nei quali esiste un involucro filtrante plastico, cartaceo o in materiali simili avvolto intorno ad un elemento di irrobustimento centrale, sempre in materiale plastico o affine; il nastro può anche essere semplicemente costituito da un unico corpo filtrante in materiale plastico, senza elemento centrale.

I dreni prefabbricati a nastro permettono il flusso dell'acqua presente nel terreno lungo l'asse di sviluppo principale, longitudinale, dell'elemento filtrante.

L'inserimento nel terreno del dreno si esegue mediante l'infissione a pressione di un mandrino che viene successivamente estratto, lasciando in posto il dreno, oppure mediante la penetrazione a vibrazione di un tubo di infissione con elemento vibrante in testa, azionato idraulicamente, che trascina il dreno fino alla profondità richiesta per poi abbandonarlo.

3.1.2 Modalità esecutive

Caratteristiche dei nastri prefabbricati



Il nastro drenante prefabbricato dovrà avere caratteristiche rese note dalla certificazione ufficiale del Produttore, preventivamente trasmesse alla D.L. ed approvate dalla medesima.

Sono ammessi nastri con involucro filtrante in tessuto non tessuto o carta con anima in PVC, polietilene o polipropilene, oppure nastri in cui anima ed involucro siano ugualmente costituiti da materiali plastici.

In ogni caso, i nastri prefabbricati dovranno garantire una durata nel tempo adeguata alle necessità di Progetto ed in ogni caso non inferiore a 3 anni di esercizio, una portata di scarico assiale non inferiore a 100 m³/anno (con gradiente idraulico unitario e con l'applicazione all'involucro filtrante di una pressione normale totale pari a 300 kN/m²) ed un coefficiente di permeabilità trasversale dell'involucro filtrante di almeno 2 m/anno.

Attrezzatura di infissione

Si utilizzeranno attrezzature di infissione a pressione o vibrazione montate su torre con guide di scorrimento, in grado di raggiungere con il mandrino od i tubi di infissione la profondità prescritta dal Progetto nel contesto stratigrafico locale. Le caratteristiche delle attrezzature di infissione dovranno essere rese note alla D.L..

Qualora motivato dalla necessità di superamento di strati o livelli di particolare resistenza si potrà ricorrere a prefori eseguiti con sonda a rotazione o rotopercolazione.

Il mandrino o la tubazione di infissione dovrà avere sezione trasversale ridotta al minimo indispensabile per garantire la necessaria resistenza.

Il dreno sarà connesso all'utensile di infissione con un elemento a perdere, in grado di garantire il sicuro vincolo del dreno all'utensile durante l'inserzione e l'ancoraggio del dreno al terreno all'atto del ritiro del mandrino o della tubazione a profondità di progetto raggiunta.

Lavori preparatori dell'infissione

Prima di procedere alla installazione dei dreni, l'Impresa provvederà alla completa asportazione del terreno vegetale sull'area di lavoro, regolarizzando la superficie e coprendola con uno strato di sabbia perfettamente pulita, dello spessore di 50-80 cm, con fuso granulometrico corrispondente a quello di una sabbia medio-grossa, con massima percentuale di passante al vaglio UNI da 0.075 mm del 3%.

I punti di infissione dei dreni saranno materializzati sul terreno mediante picchetti o evidenti punti di riferimento.

Le attrezzature dovranno operare da un piano di lavoro adeguatamente stabile, e tale da escludere variazioni di assetto delle stesse durante le operazioni di infissione.



Installazione

L'infissione dei dreni avverrà mediante pressione o vibrazione, con modalità tali, per quanto concerne le massime pressioni esercitate verso il basso e la velocità di penetrazione, da prevenire la rottura dei nastri prefabbricati o il mancato raggiungimento della profondità di progetto.

3.2 DRENI IN GHIAIA

3.2.1 Descrizione

Colonne di ghiaia vibrocompattate (prof. max 20m da piano lavoro):

Esecuzione di colonne in ghiaia vibrocompattate con sistema "bottom feed a secco" tramite infissione, per spinta e vibrazione, di "vibroflot" a propulsione elettrica (potenza motore 70÷100kW, frequenza operativa 60Hz) dotati di apposito canale per l'approvvigionamento diretto della ghiaia a fondo foro. Dopo la fase di infissione dell'utensile fino alla profondità di progetto/rifiuto si procede, in risalita, alla compattazione della colonna per step da 50÷70cm. Il vibroflot è azionato da sonda operatrice dotata di torre guida per la spinta dell'utensile nel terreno (max 200kN). Le colonne, di diametro reso 600÷700mm e profondità massima 20m dal piano lavoro, verranno realizzate utilizzando ghiaia di pezzatura 10÷35mm.

Per ogni colonna dovrà essere prevista l'acquisizione e restituzione automatizzata dei protocolli di trattamento, in cui saranno indicati il codice di riferimento del singolo punto, il tempo, la profondità di infissione e l'assorbimento di energia (amperaggio).

Colonne di ghiaia vibrocompattate cementate (prof.max 20m da piano lavoro):

Esecuzione di colonne in ghiaia vibrocompattate cementate con sistema "bottom feed a secco" tramite infissione, per spinta e vibrazione, di "vibroflot" a propulsione elettrica (potenza motore 70÷100kW, frequenza operativa 60Hz) dotati di apposito canale per l'approvvigionamento diretto del conglomerato cementizio a fondo foro. Dopo la fase di infissione dell'utensile fino alla profondità di progetto/rifiuto si procede, in risalita, alla compattazione della colonna per step da 50÷70cm. Il vibroflot è azionato da sonda operatrice dotata di torre guida per la spinta dell'utensile nel terreno (max 200kN). Le colonne, di diametro reso 500÷600mm e profondità massima 20m dal piano lavoro, verranno realizzate utilizzando conglomerato cementizio ottenuto utilizzando ghiaia di pezzatura 4÷32mm, cemento con dosaggio minimo pari a 200kg/mc e acqua nella misura di 100kg/mc.

Per ogni colonna dovrà essere prevista l'acquisizione e restituzione automatizzata dei protocolli di trattamento in cui saranno indicati il codice di riferimento del singolo punto, il tempo, la profondità di infissione e l'assorbimento di energia (amperaggio).

Colonne di ghiaia vibrocompattate (prof.max 30m da piano lavoro):



Esecuzione di colonne in ghiaia vibrocompattate con sistema "bottom feed" tramite infissione, per peso proprio e vibrazione, di "vibroflot" a propulsione elettrica (potenza motore 100÷120kW, frequenza operativa 60Hz) dotato di apposito canale per l'approvvigionamento diretto della ghiaia a fondo foro. Dopo la fase di infissione dell'utensile fino alla profondità di progetto/rifiuto si procede, in risalita, alla compattazione della colonna per step da 60÷80cm. Il vibroflot è montato su mezzo cingolato a fune. Le colonne, di diametro reso 600÷800mm e profondità massima 30m dal piano lavoro, verranno realizzate utilizzando ghiaia di pezzatura 10÷35mm.

Per ogni colonna dovrà essere prevista l'acquisizione e restituzione automatizzata dei protocolli di trattamento in cui saranno indicati il codice di riferimento del singolo punto, il tempo, la profondità di infissione e l'assorbimento di energia (amperaggio).

3.3 DRENI IN SABBIA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **E.01.010.a** "Dreni (o pali) di sabbia per prosciugamento e consolidamento di terreni fortemente compressibili - del diam. mm 350"
- **E.01.010.b** "Dreni (o pali) di sabbia per prosciugamento e consolidamento di terreni fortemente compressibili - del diam. mm 420"
- **E.01.010.c** "Dreni (o pali) di sabbia per prosciugamento e consolidamento di terreni fortemente compressibili - del diam. mm 500"

3.3.1 Descrizione

I dreni in sabbia comportano la realizzazione di una perforazione di tipo verticale, che viene successivamente riempita da sabbia opportunamente composta sul piano granulometrico in modo che possa operare come filtro, secondo modalità analoghe a quelle dei dreni prefabbricati.

Le metodologie di perforazione sono le medesime di quelle adottate nel caso di pali trivellati.

3.3.2 Modalità esecutive

Caratteristiche della sabbia drenante

Il materiale granulare utilizzato per il riempimento del foro dovrà essere conforme, per quanto concerne la composizione granulometrica, al fuso definito dal Progetto.

Qualora non definito espressamente, il fuso granulometrico di riferimento sarà il seguente:



APERTURA VAGLIO UNI (mm)	PASSANTE %	
	MIN.	MAX.
0.075	0	3
0.40	0	10
2.00	15	45
5.00	35	75
10.00	70	100

Attrezzatura

Sarà cura dell'Impresa comunicare, prima dell'inizio lavori, le caratteristiche delle attrezzature che la stessa intende utilizzare.

Sono ammesse attrezzature di perforazione nelle quali l'avanzamento dell'utensile e la disgregazione del terreno, che viene asportato dal foro, avvengono mediante l'energia dinamica dell'acqua, attrezzature di perforazione ad elica o attrezzature con caratteristiche diverse.

In ogni caso, le attrezzature dovranno garantire il raggiungimento delle profondità prescritte dal Progetto con il relativo diametro e permettere la realizzazione dei dreni senza rischi di interruzione della continuità del fusto in sabbia.

Lavori preparatori

Prima di procedere alla perforazione dei dreni, l'Impresa provvederà alla completa asportazione del terreno vegetale sull'area di lavoro, regolarizzando la superficie e coprendola con uno strato di materiale granulare pulito, dello spessore di 50-80 cm.

I punti di perforazione dei dreni saranno materializzati sul terreno mediante picchetti o evidenti punti di riferimento.

Perforazione e riempimento dei fori

La conduzione della perforazione sarà eseguita con modalità preventivamente comunicate alla D.L., tali da garantire profondità, diametro e continuità del foro, che non dovrà subire alcun collasso parziale o chiusura. Nel caso di impiego di tecniche con disgregazione idraulica del terreno, il foro sarà sempre mantenuto pieno di acqua, per prevenire i danni conseguenti al mancato sostentamento delle pareti del foro mediante controspinta idrostatica. Non è ammesso l'uso di fluidi di perforazione diversi dall'acqua, priva di additivi se non perfettamente biodegradabili in 20÷40 ore.



Il riempimento dei fori con sabbia sarà eseguito dal basso a risalire, iniziando da fondo foro, mediante il convogliamento della sabbia con tubazioni che, nel caso di perforazione con elica, potranno essere rappresentate dallo spazio anulare cavo interno alle stesse eliche, da ritirare progressivamente con il procedere del riempimento.

A riempimento eseguito, lo scarto sommitale di materiale granulare inquinato dai materiali provenienti dalla perforazione dovrà essere asportato, condotto a discarica e sostituito con nuovo materiale drenante approvato, fino a realizzare un materasso drenante sommitale di spessore e caratteristiche conformi al progetto.

3.3.2.1 Rinterri

Descrizione

Riempimento di scavi relativi a fondazioni, trincee, cunicoli, pozzetti, etc. eseguiti in presenza di manufatti.

Modalità esecutive

- a) Per il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà utilizzarsi materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A₁ ed A₃ opportunamente compattato; il materiale appartenente al gruppo A₃ dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore o uguale a 7;
- b) Il rinterro di scavi relativi a tubazioni interrato e cavi elettrici sarà effettuato con materiali sabbiosi (o comunque con materiali che durante l'operazione di rinterro non danneggino dette installazioni).

In linea di massima i materiali da utilizzare in detti rinterri saranno specificati sui disegni costruttivi.

3.3.2.2 Sistemazione superficiale

Descrizione

Viene eseguita con o senza apporto di materiale.

Modalità esecutive

La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali selezionati appartenenti esclusivamente ai gruppi A₁ ed A₃, con spandimento a strati opportunamente compattato fino a raggiungere il 95% della massa volumica del secco massima ottenuta con energia AASHO modificata, procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto.

Il materiale appartenente al gruppo A₃ dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore o uguale a 7.



4 A.03 DEMOLIZIONI

Il presente Capitolato è relativo alle demolizioni di pavimentazioni stradali, fabbricati, murature di qualsiasi genere e strutture in acciaio.

Le demolizioni di opere d'arte, di fabbricati e di strutture di qualsiasi genere (anche in c.a.p. od i carpenteria metallica) potranno essere integrali o in porzioni a sezione obbligata, eseguite in qualsiasi dimensione anche in breccia, entro e fuori terra, a qualsiasi altezza.

L'Appaltatore dovrà eseguire le demolizioni nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nella Normativa richiamata di seguito e nel presente capitolato. Particolare attenzione dovrà essere posta nel rispetto delle prescrizioni di cui agli articoli dal 150 al 156 del DM81/08.

4.1 PIANO DELLA DEMOLIZIONE

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvigionamento dei materiali e dei macchinari, all'esame ed all'approvazione della direzione Lavori e del Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione il Piano della demolizione.

Il Piano della demolizione descrive:

- l'estensione dell'intervento.
- il tipo di macchine e materiali da utilizzare.
- le procedure che devono essere attuate per la rimozione e demolizione dei vari elementi costruttivi dell'opera.
- le valutazioni dei rischi inerenti sostanze pericolose presenti nel sito ed i relativi metodi di bonifica.
- la valutazione dei rischi ambientali, in particolare polvere e rumore, e le misure di controllo ed attenuazione.
- le misure di sicurezza, collettiva ed individuale degli operatori, con l'individuazione e prescrizione degli appropriati DPI.
- I punti da trattare nel un Piano della demolizione sono:
 - Descrizione del sito e delle condizioni al contorno (vincoli fisici, recettori sensibili ecc).
 - Individuazione dei vincoli normativi (presenza materiali inquinanti, gestione dei residui di demolizione ecc.).
 - Pianificazione delle operazioni (sequenza operazioni, tipologie di macchine e tecnica di demolizione ecc.).
 - Individuazione di apposite misure di protezione collettiva.
 - Verifiche sulla stabilità delle strutture nelle fasi transitorie.
 - Progetto (calcoli e disegni) delle opere provvisorie di rinforzo e puntellamento.
 - Individuazione di apposite misure di protezione ambientale (polveri, vibrazioni, rumore ecc.).



- Individuazione di apposite misure di sicurezza in cantiere.
- Valutazione dei rischi.
- Redazione di apposite procedure di informazione e comunicazione.
- Redazione di apposite procedure di emergenza.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo la zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori e del Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione dei progetti e dei certificati ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Le operazioni di demolizione potranno iniziare soltanto dopo il benessere della D.L.

4.2 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LE DEMOLIZIONI INTEGRALI O PARZIALI DI STRUTTURE COMPLESSE

L'Appaltatore dovrà effettuare i lavori di demolizione procedendo in maniera da non compromettere la stabilità delle strutture interessate e di quelle di collegamento, impiegando eventuali opere provvisorie di rafforzamento e puntellamento delle zone interessate, in caso di demolizione parziale, o della struttura nel suo complesso, in caso di demolizione totale. Di regola questo tipo di demolizioni, più propriamente dette decostruzioni, avvengono con procedimenti inversi alla costruzione. Per esse potrà essere previsto anche l'impiego di esplosivi, nel rispetto della vigente normativa in materia.

L'Appaltatore dovrà prevedere ad adottare tutti gli accorgimenti tecnici per puntellare e sbatacchiare le parti pericolanti e tutte le cautele al fine di non danneggiare le strutture residuali e le proprietà di terzi.

Nel caso di demolizioni parziali, o in qualunque altro caso ritenuto opportuno dalla D.L., potrà essere richiesto:

- l'impiego di attrezzature speciali quali seghe circolari, fili diamantati, pinze idrauliche o qualsiasi altra tecnica, in modo da realizzare tagli netti e puliti e contestualmente evitare l'insorgere di vibrazioni e conseguenti danni alle strutture eventualmente da conservare.
- il trattamento con getto di vapore e pressione tale da ottenere superfici di attacco pulite e pronte a ricevere i nuovi getti; i ferri dovranno essere tagliati, sabbiati e risagomati secondo le disposizioni progettuali.



Il tutto senza alcuna maggiorazione del prezzo in quanto già compreso negli oneri da tenere in considerazione a carico dell'Appaltatore.

Per le demolizioni da eseguirsi su sede stradale in esercizio, l'Appaltatore dovrà adottare anche tutte le precauzioni e cautele atte ad evitare ogni possibile danno all'utenza e concordare con la D.L., coerentemente con i piani di sicurezza, le eventuali esclusioni di traffico che potranno avvenire anche in ore notturne e in giorni determinati.

In particolare, la demolizione di travi di impalcati di opere d'arte o di impalcati di cavalcavia anche a struttura mista, su sede stradale in esercizio, dovrà essere eseguita fuori opera, previa separazione dalle strutture esistenti, sollevamento, rimozione e trasporto di tali porzioni in apposite aree entro le quali potranno avvenire le demolizioni integrali.

4.3 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LE IDRODEMOLIZIONI

La idrodemolizione di strati di conglomerato cementizio dovrà essere effettuata con l'impiego di idonee attrezzature atte ad assicurare getti d'acqua a pressione e portata modulabile.

Gli interventi dovranno risultare selettivi ed asportare gli strati di conglomerato degradati senza intaccare quelli aventi resistenza uguale o superiore.

L'Appaltatore dovrà provvedere all'approvvigionamento dell'acqua occorrente per la demolizione del materiale e alla pulizia finale del sito.

Le attrezzature impiegate dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della D.L., coerentemente con i piani di sicurezza; dovranno essere dotate di sistemi automatici di comando e controllo. Le attività in parola dovranno prevedere idonei sistemi di sicurezza contro la proiezione del materiale demolito, dovendo operare anche in presenza di traffico.

4.4 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LA DEMOLIZIONE DELLA PAVIMENTAZIONE STRADALE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO

La demolizione della pavimentazione in conglomerato bituminoso, per l'intero spessore o per parte di esso, dovrà essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, con nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

Tali attrezzature dovranno essere preventivamente approvate dalla D.L. relativamente a caratteristiche meccaniche, dimensioni e capacità produttiva.

La demolizione dovrà rispettare rigorosamente gli spessori previsti in progetto, o prescritti dalla D.L., e non saranno pagati maggiori spessori rispetto a quelli previsti o prescritti.

Se la demolizione interessa uno spessore inferiore a 15 cm, potrà essere effettuata con un solo passaggio di fresa; per spessori superiori a 15 cm si dovranno effettuare due passaggi di cui il



primo pari ad $1/3$ dello spessore totale, avendo cura di formare longitudinalmente sui due lati dell'incavo un gradino tra il primo ed il secondo strato demolito.

Le superfici scarificate dovranno risultare perfettamente regolari in ogni punto, senza discontinuità che potrebbero compromettere l'aderenza dei nuovi strati; i bordi delle superfici scarificate dovranno risultare verticali, rettilinei e privi di sgretolature.

La pulizia del piano di scarifica dovrà essere effettuata con idonee attrezzature munite di spazzole rotanti e dispositivi aspiranti in grado di dare il piano depolverizzato.

Nel caso di pavimentazione su impalcati di opere d'arte, la demolizione dovrà eseguirsi con tutte le precauzioni necessarie a garantire la perfetta integrità della sottostante soletta; in questi casi potrà essere richiesta la demolizione con scalpello a mano con l'ausilio del martello demolitore.

Solamente quando previsto in progetto e in casi eccezionali si potrà eseguire la demolizione della massicciata stradale, con o senza conglomerato bituminoso, anche su opere d'arte, con macchina escavatrice od analoga e, nel caso in cui il bordo della pavimentazione residua debba avere un profilo regolare, per il taglio perimetrale si dovrà fare uso della sega clipper.

5 CONTABILIZZAZIONE E MISURAZIONE

Resta stabilito che, per i lavori compensati sia a corpo che a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio, e di sottoporre alla Direzione Lavori per il necessario controllo, tutti i disegni contabili delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti ecc.) delle quantità, parziali e totali, nonché della computazione delle relative quantità di ogni singola categoria di lavoro.

Si precisa che:

I lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla D.L. in contraddittorio con l'Appaltatore durante l'esecuzione dei lavori.

I lavori da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla D.L. in contraddittorio con l'Appaltatore, e confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati di progetto.

Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto il corrispettivo da accreditare nei S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera.



A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la D.L. provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.

Se negli scavi si superano i limiti assegnati dal progetto, non si terrà conto del maggior lavoro eseguito e l'Impresa dovrà, a sua cura e spese, ripristinare i volumi scavati in più, utilizzando materiali idonei.

5.1 SCAVI DI SBANCAMENTO

Comprendono:

- apertura della sede stradale e relativo cassonetto;
- bonifica del piano di posa dei rilevati oltre la profondità di 20 cm;
- apertura di gallerie in artificiale;
- formazione o l'approfondimento di cunette, fossi e canali;
- impianto di opere d'arte;
- regolarizzazione o approfondimento di alvei in magra;

essi sono eseguiti anche a campioni di qualsiasi lunghezza, a mano o con mezzi meccanici, in materie di qualunque natura e consistenza salvo quelle definite dai prezzi particolari dell'Elenco, asciutte o bagnate, compresi i muri a secco od in malta di scarsa consistenza, compreso le rocce tenere da piccone, ed i trovanti anche di roccia dura inferiori a mc 1,00 ed anche in presenza d'acqua, escluso l'onere di sistemazione a gradoni delle scarpate per ammorsamento di nuovi rilevati; compreso l'onere della riduzione del materiale dei trovanti di dimensione inferiore ad 1 mc alla pezzatura di cm 20 per consentirne il reimpiego a rilevato, compresi il carico e l'allontanamento del materiale di risulta.

La misurazione degli Scavi di Sbanramento e dei Rilevati sarà effettuata con il metodo delle sezioni raggugliate. All'atto della consegna dei lavori l'Impresa eseguirà, in contraddittorio con la D.L., il controllo delle quote nere delle sezioni trasversali e la verifica delle distanze fra le sezioni stesse, distanze misurate sull'asse di progetto.

In base a tali rilievi ed a quelli da praticarsi ad opera finita od a parti di essa purché finite, con riferimento alle sagome delle sezioni tipo ed alle quote di progetto, sarà determinato il volume degli scavi e dei rilevati eseguiti.

Resta inteso che, sia in trincea sia in rilevato, la sagoma rossa delimitante le aree di scavo o di riporto è quella che segue il piano di banchina, il fondo cassonetto sia della banchina di sosta che della carreggiata e del piazzale, come risulta dalla sezione tipo.

Unità di misura **MC**



5.2 PREPARAZIONE PIANO DI POSA DEI RILEVATI

Preparazione Piano di posa dei Rilevati compreso lo scavo di scorticamento per una profondità media di cm 20, previo taglio degli alberi e dei cespugli, estirpazione ceppaie cariche, trasporto a rifiuto od a reimpiego delle materie di risulta anche con eventuale deposito e ripresa, compattamento del fondo dello scavo fino a raggiungere la densità prescritta, il riempimento dello scavo ed il compattamento dei materiali all'uopo impiegati fino a raggiungere le quote del terreno preesistente ed il costipamento prescritto compreso ogni onere. Con l'impiego di materiali idonei provenienti da cave di prestito e/o dagli scavi.

La misurazione verrà effettuata, calcolando l'impronta geometrica effettiva del rilevato sul terreno.

Unità di misura **MQ**

5.3 REALIZZAZIONE RILEVATI STRADALI

Sistemazione in Rilevato o in Riempimento utilizzando materiali idonei provenienti sia dagli scavi che dalle cave di prestito, realizzata secondo le prescrizioni delle Norme Tecniche;

Comprese la sagomatura e profilatura dei cigli, delle banchine e delle scarpate, rivestite con terra vegetale, compresa ogni lavorazione ed onere per dare il rilevato a perfetta regola d'arte.

La misurazione verrà effettuata, secondo il metodo delle sezioni ragguagliate, in base a rilievi eseguiti, prima e dopo i relativi lavori.

Unità di misura **MC**

5.4 STABILIZZAZIONE E SISTEMAZIONE DI TERRENI CON USO DI CALCE O CEMENTO

Stabilizzazione e Sistemazione di terreni con uso di Calce o Cemento compreso l'onere della fornitura del legante da dosare, secondo quanto prescritto nelle Norme Tecniche.

La misurazione verrà effettuata calcolando con metodo geometrico le opere realizzate oggetto del trattamento.

Unità di misura **MC**

5.5 REALIZZAZIONE DI DRENI IN SABBIA

Realizzazione di Dreni in Sabbia mediante esecuzione di fori, senza asportazione di materiale, fornitura e posa in opera nei fori di sabbia lavata, vagliata ed omogenea, fornitura stesa e compattamento, al di sopra dei dreni, di uno strato di sabbia dello spessore minimo di cm50.

La misurazione verrà effettuata calcolando l'effettivo sviluppo in metri lineari del dreno (o palo), misurato dalla quota inferiore del foro fino alla quota risultante in corrispondenza di ciascun dre-



no dopo l'asportazione dello strato superficiale, compreso la sabbia ed ogni altra fornitura, prestazione ed onere.

Unità di misura **ML**

5.6 REALIZZAZIONE DI PANNELLI DRENANTI PREFABBRICATI

Fornitura e posa in opera di pannello drenante ad alte prestazioni idrauliche e meccaniche. Il pannello sarà posato in profondità in uno scavo a sezione ristretta con sponde verticali e sub-verticali fino a raggiungere la quota prevista per la base del pannello.

Non sono compresi lo scavo di sbancamento per la creazione del piano, lo scavo a sezione obbligatoria di adeguata larghezza per l'inserimento dei pannelli drenanti, il successivo rinterro con materiale disponibile in loco e lo smaltimento del materiale non utilizzato.

La misurazione verrà effettuata calcolando l'effettivo sviluppo in metri lineari del pannello, misurato dalla quota prevista per la base del pannello fino al piano campagna per una larghezza nominale di 1 mt.

Unità di misura **ML**

5.7 FORNITURA E STESA DI TELI DI GEOTESSILE

Fornitura e stesa di geotessile a marchiatura CE con funzione di separazione, filtrazione dei piani di posa dei rilevati o in opere in terra, (escluso l'utilizzo nella realizzazione di manufatti in terra rinforzata e muri verdi), mediante l'inserimento alla base o in strati intermedi di geotessili, nella direzione di sforzo prevalente.

La misurazione verrà effettuata calcolando con metodo geometrico, l'effettiva superficie del materiale posto in opera.

Unità di misura **MQ**

5.8 TRASPORTI A DISCARICA O DA CAVA DI PRESTITO

I trasporti a Discarica o da Cava di Prestito sono inclusi nei singoli articoli di Elenco Prezzi, fino ad una distanza massima di 5 km dal perimetro del lotto.

Oltre tale distanza viene applicato il relativo sovrapprezzo da Elenco Prezzi, valutato per ogni metro cubo e per ogni km eccedente i primi 5 km.

5.9 DEMOLIZIONE DI MURATURE

Demolizione di Murature di qualsiasi genere, entro e fuori terra e delle strutture in C.A.



La misurazione verrà computata misurando geometricamente l'effettivo volume dei manufatti interessati dalla demolizione, senza conteggiare i vuoti di area maggiori di 1,00 mq.

Unità di misura **MC**

5.10 DEMOLIZIONE INTEGRALE DI FABBRICATI E DI STRUTTURE IN C.A. E C.A.P.

Demolizione Integrale di Fabbricati e di Strutture in C.A. e C.A.P. di qualsiasi genere, entro e fuori terra.

La misurazione verrà computata conteggiando i volumi, calcolati vuoto per pieno, misurati geometricamente dal filo delle pareti esterne e della copertura, con esclusione di balconi, aggetti, sporgenze o simili.

Unità di misura **MC**

5.11 DEMOLIZIONE DI IMPALCATI IN C.A.P. O STRUTTURE SIMILARI IN C.A., SIA TOTALI CHE PARZIALI E/O A SEZIONE OBBLIGATA

Demolizione di opere d'arte da suddividersi in elementi, quali le travi, da eseguirsi con tutte le precauzioni necessarie a garantire la perfetta integrità delle parti di struttura sottostante.

Demolizione a sezione obbligata di qualsiasi dimensione eseguite anche in breccia, a qualsiasi altezza, di porzioni di strutture in conglomerato cementizio armato e/o precompresso, di impalcati di opere d'arte e di pile esistenti, per modifiche od allargamenti della sede stradale, per rifacimento di parti di strutture per creare ammorsamenti, per formazione di incavi per l'incastro di travi, per l'alloggiamento di particolari attrezzature, per variazioni della sezione dei cordoli di coronamento ecc.

La misurazione verrà computata misurando geometricamente i volumi effettivamente interessati dalle demolizioni.

Unità di misura **MC**

5.12 IDRODEMOLIZIONE E ASPORTAZIONE CORTICALE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO SULL'INTRADOSSO ED ESTRADOSSO DEGLI IMPALCATI, COMPRESSE LE SUPERFICI VERTICALI DI SPALLE, PILE, PULVINI, MURI, ECC – PER UNO SPESSORE MEDIO FINO A 3 CM

Idrodemolizione superficiale di strutture in Cemento Armato su superfici sia verticali che orizzontali, sia per l'asportazione delle parti ammalorate che per la preparazione delle zone di attacco tra vecchi e nuovi getti.

Compresa l'eventuale scalpellatura di rifinitura, mediante demolitori leggeri e l'approvvigionamento dell'acqua.



La misurazione verrà computata misurando geometricamente lo spessore medio del materiale da rimuovere mediante rilievo su un reticolo di 1,00 mt di lato

Unità di misura **MQ fino a 3cm**

Unità di misura **MQxCM per ogni cm in più**

5.13 DEMOLIZIONE DI SOVRASTRUTTURA STRADALE

Demolizione di Sovrastruttura Stradale comprese le pavimentazioni, da eseguirsi anche in presenza di traffico, la frantumazione del materiale demolito per poterlo adoperare per altri usi stradali, quali le fondazioni e sottofondazioni.

La misurazione verrà computata misurando geometricamente lo spessore del materiale da rimuovere misurato per la superficie interessata alla demolizione.

Unità di misura **MC**

5.14 DEMOLIZIONE E ASPORTAZIONE GIUNTI E DELLA PAVIMENTAZIONE IN CORRISPONDENZA DEI GIUNTI

Demolizione e asportazione di pavimentazione a cavallo dei giunti di dilatazione di impalcati di opere d'arte, in presenza o meno degli stessi per qualsiasi larghezza e qualsiasi spessore, fino a raggiungere l'estradosso della soletta.

Demolizione e/o asportazione di esistente struttura e/o apparecchio di giunto di dilatazione su impalcati di opere d'arte, di qualsiasi tipo e dimensione, fino a raggiungere l'estradosso della soletta.

La misurazione verrà computata misurando geometricamente l'effettivo sviluppo lineare del giunto stesso.

Unità di misura **ML**

5.15 SPICCONATURA DI INTONACO

Spicconatura di intonaco mediante l'utilizzo di mezzo meccanico e/o manuale, comprensivo di ogni mezzo provvisorio.

La misurazione verrà computata misurando geometricamente la superficie da rimuovere misurata vuoto per pieno, salvo la detrazione dei vani di superficie superiori a 2,00mq.

Unità di misura **MQ**

5.16 RIMOZIONE E DEMOLIZIONE STRUTTURE IN ACCIAIO



La rimozione, demolizione e/o smontaggio di strutture dovrà procedere in maniera da non compromettere la stabilità delle strutture interessate e di quelle di collegamento. Sono comprese eventuali opere provvisorie di rafforzamento e puntellamento, tutte le attrezzature necessarie alla demolizione, il trasporto del materiale fino ad area da concordarsi.

La misurazione verrà effettuata misurando geometricamente i vari elementi componenti i manufatti di acciaio rimossi, suddivisi per tipologia di profilato, o la dimensione e lo spessore nel caso di lamiere, moltiplicato per il peso specifico di 7,85 kg/dmc indicato nel D.M. 14 gennaio 2008

Unità di misura **KG**

6 CONTROLLO

6.1 DISPOSIZIONI GENERALI

La seguente specifica si applica ai vari tipi di rilevato costituenti l'infrastruttura stradale e precedentemente esaminati.

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e, più specificatamente, quella di progetto quale disegni, specifiche tecniche, ecc.; sono altresì comprese tutte le norme tecniche vigenti in materia.

L'Impresa per poter essere autorizzata ad impiegare i vari tipi di materiali (misti lapidei, terre, calci, cementi, etc.) prescritti dalle presenti Norme Tecniche, dovrà esibire, prima dell'impiego, alla D.L., i relativi Certificati di Qualità rilasciati da un Laboratorio Ufficiale e comunque secondo quanto prescritto dalla Circ. ANAS n° 14/1979.

Tali certificati dovranno contenere tutti i dati relativi alla provenienza e alla individuazione dei singoli materiali o loro composizione, agli impianti o luoghi di produzione, nonché i dati risultanti dalle prove di laboratorio atte ad accertare i valori caratteristici richiesti per le varie categorie di lavoro o di fornitura in un rapporto a dosaggi e composizioni proposte.

I certificati che dovranno essere esibiti tanto se i materiali sono prodotti direttamente, quanto se prelevati da impianti, da cave, da stabilimenti anche se gestiti da terzi, avranno una validità biennale.

I certificati dovranno comunque essere rinnovati ogni qualvolta risultino incompleti o si verifichi una variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.

La procedura delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e dovrà essere infittita in ragione della discontinuità granulometrica dei materiali portati a rilevato e della variabilità nelle procedure di compattazione.



L'Impresa è obbligata comunque ad organizzare per proprio conto, con personale qualificato ed attrezzature adeguate, approvate dalla D.L., un laboratorio di cantiere in cui si procederà ad effettuare tutti gli ulteriori accertamenti di routine ritenuti necessari dalla D.L., per la caratterizzazione e l'impiego dei materiali.

La frequenza minima delle prove ufficiali sarà quella indicata nella allegata Tabella 2, la frequenza delle prove di cantiere, sarà imposta dalle puntuali verifiche che il programma di impiego dei materiali, approvato preventivamente dalla D.L., vorrà accertare.

I materiali da impiegare a rilevato, sono caratterizzati e classificati secondo le Norme CNR-UNI 10006/63, e riportati nell'allegata Tabella 1.

La normativa di riferimento per esercitare i controlli conseguenti, sono indicati nel seguente prospetto:

Categorie di lavoro e materiali	Controlli previsti	Normativa di riferimento
Movimenti di terra		D.M. 11.03.1988 C.LL.PP. n.30483 del 24.09.1988
Piani di posa dei rilevati	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito CBR Prova di carico su piastra	UNI 13242-UNI 14688-UNI 13285 UNI 13286 B.U.- C.N.R. n.22 CNR - UNI 10009 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI
Piani di posa delle fondazioni stradali in trincea	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito CBR Prova di carico su piastra	UNI 13242-UNI 14688-UNI 13285 UNI 13286 B.U.- C.N.R. n.22 CNR - UNI 10009 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI
Formazione dei rilevati	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito Prova di carico su piastra CBR Impiego della calce	UNI 13242-UNI 14688-UNI 13285 UNI 13286 B.U.- C.N.R. n.22 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI CNR - UNI 10009 B.U.- C.N.R. n.36 A VII

6.2 PROVE DI LABORATORIO

Accertamenti preventivi:



Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica;
 - determinazione del contenuto naturale d'acqua;
 - determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;
 - prova di costipamento con energia AASHO Modificata (UNI 13286);
- la caratterizzazione e frequenza delle prove è riportata in Tabella 2.

6.3 PROVE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA

L'impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, inviando i campioni di norma al Centro Sperimentale Stradale dell'ANAS di Cesano (Roma) o presso altro Laboratorio Ufficiale.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nel competente ufficio Compartimentale previa apposizione dei sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

I risultati ottenuti in tali Laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti delle presenti Norme Tecniche.

La frequenza e le modalità delle prove sono riportate nella Tabella 2.

6.4 PROVE DI CONTROLLO SUL PIANO DI POSA

Sul piano di posa del rilevato nonché nei tratti in trincea, si dovrà procedere, prima dell'accettazione, al controllo delle caratteristiche di deformabilità, mediante prova di carico su piastra (CNR 146-1992) e dello stato di addensamento (massa volumica in sito, CNR 22 - 1972). La frequenza delle prove è stabilita in una prova ogni 2000 mq, e comunque almeno una per ogni corpo di rilevato o trincea.

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati.

La D.L. potrà richiedere, in presenza di terreni "instabili", l'esecuzione di prove speciali (prove di carico previa saturazione, ecc.).

Il controllo della strato anticapillare sarà effettuato con le stesse frequenze per i singoli strati del rilevato, e dovrà soddisfare alle specifiche riportate al punto 4.3.3.



Tabella 1 Formazione del Rilevato - Generalità, caratteristiche e requisiti dei materiali

Prospetto I - Classificazione delle terre														
Classificazione generale	Terre ghiaia - sabbiose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%						Terre limo - argillose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 > 35%					Torbe e terre organiche palustri		
	A 1		A 3	A 2			A 4	A 5	A 6	A 7			A 8	
Gruppo	A 1-a	A 1-b		A 2-4	A 2-5	A 2-6	A 2-7				A 7-5	A 7-6		
Sottogruppo														
Analisi granulometrica. Frazione passante allo staccio 2mm 0,4mm 0,063	≤50 ≤30 ≤15	- ≤50 ≤25	- >50 ≤10	- ≤35	- ≤35	- ≤35	- ≤35	- >35	- >35	- >35	- >35	- >35	- >35	
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI2332 Limite liquido Indice di plasticità	- ≤6	- N.P.	- N.P.	≤40 ≤10	>40 ≤10max	≤40 >10	>40 >10	≤40 ≤10	>40 ≤10	≤40 >10	>40 >10 (IP≤IL-30)	>40 >10 (IP>LL-30)		
Indice di gruppo	0		0	0			≤4	≤8	≤12	≤16	≤20			
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grassa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fine	Ghiaia o sabbia limosa o argillosa				Limi poco compressibili	Limi poco compressibili	Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili fortemente plastiche	Argille fortemente compressibili fortemente plastiche	Torbe di recente o remota formazione, detriti organici di origine palustre	
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono						Da mediocre a scadente					Da scartare come sottofondo		
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve			Media				Molto elevata	Media	Elevata	Media			
Ritiro o rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve				Lieve o medio	Elevato	Elevato	Molto elevato			
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa					Scarsa o nulla					
Identificazione dei terreni in sito	Facilmente individuabile		Aspri al tatto - Incoerenti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto - Una tenacità media o elevata allo stato asciutto indica la presenza di argilla				Reagiscono alla prova di scuotimento* - Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido	Non reagiscono alla prova di scuotimento* - Tenaci allo stato asciutto - Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido			Fibrosi di color bruno o nero - Facilmente individuabili a vista		

* Prova di cantiere che può servire a distinguere i limi dalle argille. Si esegue scuotendo nel palmo della mano un campione di terra bagnata e comprimendolo successivamente fra le dita. La terra reagisce alla prova se, dopo lo scuotimento, apparirà sulla superficie un velo lucido di acqua libera, che comparirà comprimendo il campione fra le dita.



TABELLA 2 Frequenza delle prove

Tipo di prova	Rilevati Stradali				Terre Rinforzate	
	Corpo del rilevato		Ultimo strato di cm 30		primi 5000 m ³	successivi m ³
	primi 5000 m ³	successivi m ³	primi 5000 m ³	successivi m ³		
Classificazione UNI 13242 UNI 14688 UNI 13285	500	10000	500	2500	500	5000
Costipamento AASHO Mod. UNI 13286	500	10000	500	2500	500	5000
Massa volumica in sito B.U. CNR n.22	250	5000	250	1000	250	1000
Prova di carico su piastra CNR 9 - 67	*	*	500	2000	1000	5000
Controllo umidità	**	**	**	**	**	**
Resistività	*	*	*	*	500	5000
pH	*	*	*	*	500	5000
Solfati e cloruri	*	*	*	*	5000	5000
* Su prescrizione delle Direzione Lavori						
** Frequenti e rapportate alle condizioni meteorologiche locali e alle caratteristiche di omogeneità dei materiali portati a rilevato						

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati

6.5 CONTROLLO DEI MATERIALI RICICLATI DA RIFIUTI SPECIALI DA DEMOLIZIONE EDILE

La normativa di riferimento ed i controlli relativi a detti materiali sono fissati nelle specifiche già stabilite per i rilevati, ed alle quali si rimanda.

6.5.1 Prove di laboratorio



Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali da trattare saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante prova di costipamento con procedimento AASHO modificato (UNI 13286);
- determinazione della percentuale di rigonfiamento secondo le modalità previste per la prova CBR (CNR UNI 10009);
- verifica della sensibilità al gelo (CNR BU n° 80/80), condotta sulla parte di aggregato passante al setaccio 38.1 e trattenuto al setaccio 9.51 (Los Angeles classe A);
- prova di abrasione Los Angeles; sarà ritenuto idoneo il materiale che subisce perdite inferiori al 40 % in peso;

Sarà effettuata una prova ogni 500 m³ di materiale da porre in opera.

6.5.2 Prove in sito

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito;
- Prova di carico con piastra circolare;

Sarà effettuata una prova ogni 500 m³ di materiale posto in opera.

6.6 CONTROLLO DEI MATERIALI RICICLATI DA RIFIUTI SPECIALI INDUSTRIALI – SCORIE

La normativa di riferimento ed i controlli relativi a detti materiali sono fissati nelle specifiche già stabilite per i rilevati, ed alle quali si rimanda.

6.6.1 Prove di laboratorio

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante prova di costipamento con procedimento AASHO modificato (UNI 13286);
- determinazione del contenuto naturale di acqua (umidità);
- analisi granulometrica;
- determinazione dell'attività.

La determinazione del contenuto naturale di acqua (umidità) e del tenore di acqua, la granulometria e l'attività verranno determinate ogni 200 t di materiale.

6.6.2 Prove in sito



Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito;
- Prova di carico con piastra circolare;

Sarà effettuata una prova ogni 500 m³ di materiale posto in opera.

6.7 TELO GEOTESSILE "TESSUTO NON TESSUTO"

Le normative di riferimento UNI EN maggiormente impiegate per l'esecuzione delle prove sui geotessili sono:

Campionatura CARATTERISTICA	RIFERIMENTO
Caratteristiche richieste per l'impiego nei sistemi drenanti	UNI EN 13252
Prova di punzonamento statico (metodo CBR)	UNI EN ISO 12236
Prova di trazione a banda larga	UNI EN ISO 10319
Caratteristiche richieste per l'impiego nelle costruzioni di terra, nelle fondazioni e nelle strutture di sostegno	UNI EN 13251
Identificazione in sito	UNI EN ISO 110320
Caratteristiche richieste per l'impiego nella costruzione di strade e di altre aree soggette a traffico (escluse ferrovie e l'inclusione in conglomerati bituminosi)	UNI EN 13249
Massa Areica	UNI EN ISO 9864
Spessore	UNI EN ISO 9863-1
Apertura dei pori	UNI EN ISO 12956
Permeabilità perpendicolare all'acqua indice VH2050	UNI EN ISO 11058

Tra le prove eseguite rientrano anche quelle che il CSS svolge in veste ufficiale (campioni inviati dai Compartimenti).

Queste norme aggiornano e sostituiscono le CNR 110-111 del 1985 e le CNR da 141 a145 del 1992 oltre alle norme UNI (gruppo UNITEX).

Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'impresa dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere.



La D.L., a suo insindacabile giudizio, potrà richiedere ulteriori prove preliminari o prelevare in corso d'opera campioni di materiali da sottoporre a prove presso Laboratori qualificati.

Il piano di stesa del geotessile dovrà essere perfettamente regolare. Dovrà essere curata la giunzione dei teli mediante sovrapposizione di almeno 30 cm nei due sensi longitudinale e trasversale.

I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

6.8 CONTROLLO SCAVI

Nel corso dei lavori, al fine di verificare la rispondenza della effettiva situazione geotecnica-geomeccanica con le ipotesi progettuali, la DL, in contraddittorio con l'impresa, dovrà effettuare la determinazione delle caratteristiche del terreno o roccia sul fronte di scavo.

a) Prove di laboratorio

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

Terre:

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto naturale di acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità, nell'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;
- eventuale determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio.

Rocce:

- resistenza a compressione monoassiale;

In presenza di terreni dal comportamento intermedio tra quello di una roccia e quello di una terra, le suddette prove potranno essere integrate al fine di definire con maggior dettaglio la reale situazione geotecnica.

La frequenza delle prove dovrà essere effettuata come segue:

- ogni 500 m³ di materiale scavato e ogni 5 m di profondità dello scavo;
- in occasione di ogni cambiamento manifesto delle caratteristiche litologiche e/o geomeccaniche;
- ogni qualvolta richiesto dalla DL.

b) Prove in sito

Terre:



si dovrà rilevare l'effettivo sviluppo della stratificazione presente, mediante opportuno rilievo geologico-geotecnico che consenta di identificare le tipologie dei terreni interessati, con le opportune prove di identificazione.

Rocce:

si dovrà procedere al rilevamento geologico-geomeccanico, al fine di identificare la litologia presente e la classe geomeccanica corrispondente mediante l'impiego di opportune classificazioni.

Si dovranno effettuare tutte le prove necessarie allo scopo.

Si dovrà in ogni caso verificare la rispondenza delle pendenze e delle quote di progetto, con la frequenza necessaria al caso in esame.

6.9 CONTROLLO DRENI PREFABBRICATI

a) Controllo dei materiali

Il produttore allegnerà ad ogni lotto una certificazione del prodotto dove saranno riportate le caratteristiche del materiale conformi a quanto specificato dal presente capitolato.

b) Attrezzature d'infissione

L'impresa dovrà presentare, prima dell'inizio dei lavori e per conoscenza, alla D.L. una relazione tecnica riguardante le metodologie scelte per la realizzazione dei dreni e le caratteristiche delle attrezzature.

Qualora si preveda di impiegare sonde a rotazione o a rotopercolazione, la D.L. dovrà approvare specificatamente l'impiego di tali attrezzature.

Durante la posa in opera dovrà essere redatta una apposita scheda sulla quale dovrà essere riportata la effettiva lunghezza installata per ciascun dreno.

Si dovrà riportare inoltre la posizione planimetrica rispetto agli elaborati di progetto, e che questa non si discosti più di 10 cm dalla suddetta posizione.

6.10 CONTROLLO DRENI IN SABBIA

a. Qualifica dei materiali

L'Impresa per ogni lotto fornito, e comunque ogni 100 m³ di sabbia, dovrà effettuare prove granulometriche atte a verificare la conformità della partita alla granulometria specificata negli elaborati progettuali.

In assenza di tali specifiche, si adotterà il fuso riportato nel punto 2.7.8.4. del presente capitolato.



b. Attrezzature d'impiego

Qualora si preveda di impiegare fluidi di perforazione diversi da acqua o additivi di questa, si richiederà l'approvazione specifica della DL.

c. Fase esecutiva

In fase esecutiva per ogni dreno si dovrà compilare una scheda sulla quale verranno riportate:

- discordanza con la posizione di progetto, che comunque non dovrà essere superiore a 10 cm;
- profondità raggiunta dalla perforazione;
- quantitativo complessivo di sabbia immessa;
- caratteristiche della certificazione relativa al lotto di materiale granulare;
- caratteristiche delle attrezzature di perforazione;
- fluido impiegato per la perforazione.

7 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

D.Lgs. 81/08 e s.m.i. "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro".

D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. "Norme in materia ambientale".

Norme Tecniche per le costruzioni (semplicemente chiamate NTC).



Anas S.p.A.
Via Monzambano, 10 - 00185 Roma
www.stradeanas.it



Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

IT.PRL.05.15 - Rev. 1.0

Fondazioni profonde

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.15 - Rev.1.0
Fondazione profonde

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



SOMMARIO

1	PREMESSA	6
2	CLASSIFICAZIONE	7
2.1	DIAFRAMMI E PALANCOLE	7
2.2	PALI E MICROPALI	7
2.3	FONDAZIONI A POZZO	8
3	CARATTERISTICHE, MODALITA' DI ESECUZIONE E CONTROLLI DI ACCETTAZIONE	8
3.1	DIAFRAMMI E PALANCOLE	8
3.1.1	DIAFRAMMI	9
3.1.1.1	CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA	9
3.1.1.2	CONTROLLI NON DISTRUTTIVI	10
3.1.1.3	Prove geofisiche	10
3.1.1.4	Carotaggio continuo meccanico	11
3.1.1.5	PROVE DI CARICO PER I SOLI ELEMENTI DI DIAFRAMMA CON FUNZIONE PORTANTE VERTICALE	11
3.1.1.6	PROVE DI CARICO LATERALE	12
3.1.1.7	PROVE SU PANNELLI STRUMENTATI	12
3.1.2	PALANCOLE	13
3.1.2.1	CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA	13
3.1.3	MATERIALI DA UTILIZZARE	14
3.1.3.1	CONGLOMERATO CEMENTIZIO	14
3.1.3.2	ARMATURE METALLICHE	14
3.1.3.3	PALANCOLE METALLICHE	14
3.2	PALI E MICROPALI	14
3.2.1	PALI TRIVELLATI	15
3.2.1.1	Pali trivellati con rivestimento provvisorio:	15
3.2.1.2	Pali trivellati con fanghi (bentonitici o biodegradabili o polimerici)	15
3.2.1.3	Pali trivellati ad elica continua	16
3.2.1.4	CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SU PALI TRIVELLATI	17
3.2.2	PALI INFISSI	18
3.2.2.1	Pali infissi prefabbricati:	19



3.2.2.2	Pali infissi gettati in opera	20
3.2.2.3	CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SU PALI INFISSI	20
3.2.3	PALI FDP (FULL DISPLACEMENT PILES)	21
3.2.3.1	CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SU PALI FDP	22
3.2.4	MICROPALI O PALI TRIVELLATI DI PICCOLO DIAMETRO	23
3.2.4.1	Micropali a iniezioni ripetute ad alta pressione:	23
3.2.4.2	Micropali con riempimento a gravità o a bassa pressione:	24
3.2.5	CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SU MICROPALI	24
3.2.6	MATERIALI DA UTILIZZARE	26
3.3	POZZI DI FONDAZIONE	26
3.3.1	CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SUI POZZI	27
4	PROVE DI CARICO SU PALI E MICROPALI	27
4.1	PROVE DI CARICO	27
5	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	29
5.1	NORME GENERALI	29
5.2	CRITERI DI MISURA	29
5.2.1	DIAFRAMMI E PALANCOLATE	30
5.2.2	PALI	30
5.2.3	POZZI	31
6	NON CONFORMITA'	32
7	COLLAUDO	32
8	MANUTENZIONE	32
9	NORMATIVE E RIFERIMENTI	33
10	APPENDICE	33
10.1	CONTROLLI SUI FANGHI	33
10.1.1	CONTROLLO DEL FANGO BENTONITICO	33
10.1.2	CONTROLLO DEL FANGO BIODEGRADABILE	34
10.1.3	CONTROLLO DEL FANGO POLIMERICO	35
10.2	TECNICA DI PROVE DI CARICO SU PALI E MICROPALI	35
10.2.1	PROVE SU PALI DI GRANDE DIAMETRO	35
10.2.1.1	PROVE DI CARICO ASSIALE E/O PROVE DI VERIFICA	35
10.2.1.2	Attrezzatura e dispositivi di prova	36



10.2.1.3	Preparazione ed esecuzione della prova	37
10.2.1.4	Programma di carico	38
10.2.1.5	Risultati della prova	39
10.2.1.6	PROVE DI CARICO SU PALI STRUMENTATI	40
10.2.1.7	Attrezzature e dispositivi di prova	41
10.2.1.8	Preparazione ed esecuzione della prova	42
10.2.1.9	PROVE DI CARICO LATERALE	42
10.2.1.10	PROVE DI PROGETTO SU PALI PILOTA	43
10.2.2	PROVE DI CARICO SU MICROPALI	44
10.2.2.1	PROVE DI CARICO ASSIALE	44
10.2.2.2	Attrezzature e dispositivi di prova	45
10.2.2.3	Programma di carico	46
10.2.2.4	Risultati delle prove	47



1 PREMESSA

Le strutture che si andranno ad esaminare in questo capitolato hanno particolare importanza per la loro interazione con il terreno e sono utilizzate per trasmettere i carichi al terreno al fine di fornire stabilità e rigidità alle strutture in elevazione, o per contrastare le spinte del terreno.

Prioritariamente quando è necessario trasmettere i carichi a strati più resistenti o comunque trasferirli principalmente in profondità, si ricorre a fondazioni su pali, cioè elementi allungati, generalmente in calcestruzzo o in acciaio.

In questo tipo di fondazione il carico è trasmesso al terreno per attrito e/o adesione laterale lungo il fusto ed in parte per pressione al di sotto della punta.

La scelta di optare per una fondazione su pali è dovuta in genere alla presenza di terreni di scarse caratteristiche geotecniche (in termini di capacità portante e cedimenti) in superficie.

In linea generale i pali si dividono in infissi, trivellati e con tubo forma infisso e successivo getto di cls in opera. Solo nel caso dei trivellati, durante la realizzazione si ha asportazione del terreno.

La scelta della tipologia di pali da impiegare dipende da alcuni fattori come:

- natura del terreno;
- entità dei carichi da trasmettere al terreno;
- modifiche indotte dalla realizzazione dei pali (funzione della tecnologia);
- attrezzature disponibili in relazione agli spazi di manovra;
- effetti sulle costruzioni adiacenti (se presenti)

Questi vincoli infatti comportano che:

- i pali infissi non sono adatti in terreni ad alta resistenza od in terreni eterogenei con trovanti;
- l'infissione comporta un benefico addensamento solo se eseguito in terreni incoerenti; nei terreni coesivi saturi, l'infissione infatti incrementa solo le pressioni neutre senza addensare (agli eccessi può liquefare il terreno);
- l'infissione comporta l'impiego di attrezzature di grandi dimensioni e determina trasmissione di vibrazioni;
- la realizzazione di pali, specie se realizzati in opera (e non prefabbricati) richiede maestranze specializzate.

Conseguentemente la scelta operata dal progettista relativamente a queste strutture di fondazione risulta fondamentale per la corretta esecuzione dell'opera sovrastante.



Il presente Capitolato intende fornire le caratteristiche, i criteri di controllo ed accettazione sui materiali da utilizzarsi per la corretta esecuzione delle opere in argomento.

Pur nella consapevolezza della responsabilità del progettista dell'opera nella scelta tipologica delle strutture di sottofondazione, nel prosieguo vengono analizzate le tipologie che ANAS ritiene tecnicamente e più comunemente oggi utilizzate.

2 CLASSIFICAZIONE

2.1 DIAFRAMMI E PALANCOLE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- da B.01.030 a B.01.040
- da B.01.021 a B.01.022.g

Per diaframma si intende un'opera costituita da una serie di pannelli in calcestruzzo semplice o armato, gettati in opera o prefabbricati, collegati tra di loro mediante vincoli di vario genere, per la difesa di fondazioni di opere preesistenti o da costruire, per pareti di contenimento, per difese fluviali e traverse in alveo.

Con palanca si definisce un diaframma realizzato mediante infissione nel terreno di profilati metallici, di sezione generalmente a forma di U aperta, i cui bordi laterali, detti gargami, sono sagomati in modo da realizzare una opportuna guida all'infissione del profilato adiacente disposto in posizione simmetricamente rovesciata.

In genere le palancole metalliche vengono utilizzate per realizzare opere di sostegno provvisorio di scavi di modesta profondità, con particolare riferimento alla necessità di garantire l'impermeabilità delle opere medesime all'acqua (scavi sotto falda, scavi in alveo, ecc.).

2.2 PALI E MICROPALI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- da B.02.020 a B.02.055.b
- da B.02.080 a B.02.135.2.d

Con la denominazione di "pali" si intendono le sottofondazioni cilindriche aventi diametro > 300 mm; per diametri inferiori si parla di "micropali".



Dal punto di vista esecutivo, i pali si suddividono in:

- **Pali trivellati**
- **Pali infissi**

I pali trivellati sono ottenuti mediante l'asportazione di terreno e sua sostituzione con conglomerato cementizio armato, con l'impiego di perforazione a rotazione o rotopercolazione, eseguiti in materiali di qualsiasi natura e consistenza (inclusi muratura, calcestruzzi, trovanti, strati cementati e roccia dura), anche in presenza di acqua e/o in alveo con acqua fluente.

I pali infissi vengono realizzati mediante battitura di manufatti prefabbricati o gettati in opera. L'adozione di pali infissi è condizionata da una serie di fattori geotecnici ed ambientali tra i quali:

- vibrazioni, rumori, spostamenti verticali e/o orizzontali del terreno causati dall'infissione;
- eventuali interferenze con i pali adiacenti.

Con micropali o pali trivellati di piccolo diametro si identificano i pali trivellati realizzati con perforazioni di piccolo diametro ($d \leq 250$ mm) ed armatura metallica, connessi al terreno mediante:

- riempimento a gravità;
- riempimento a bassa pressione;
- iniezione ripetuta ad alta pressione.

2.3 FONDAZIONI A POZZO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- da B.01.010.1 a B.01.020

Dove particolari esigenze impongano il raggiungimento di strati consistenti a notevole profondità per la formazione di manufatti, o di opere a difesa della sede stradale, con l'attraversamento di terreni in frana o comunque di scarsa stabilità, **è previsto l'impiego di pozzi**, a pianta circolare od ellittica ed eventualmente poligonale a seconda delle indicazioni di progetto.

3 CARATTERISTICHE, MODALITA' DI ESECUZIONE E CONTROLLI DI ACCETTAZIONE

3.1 DIAFRAMMI E PALANCOLE



3.1.1 DIAFRAMMI

Preliminarmente alla esecuzione dei lavori l'Impresa sarà tenuta a presentare alla Direzione dei Lavori una dettagliata relazione nella quale saranno descritte modalità ed attrezzature necessarie alla corretta esecuzione dei lavori, il tutto assicurando di non eccedere le tolleranze previste dal progetto per quanto riguarda gli scavi e l'esecuzione dei cordoli guida (corree). Parimenti, la relazione dovrà contenere lo studio preliminare dei conglomerati cementizi che l'appaltatore intende utilizzare nonché un crono-programma delle attività dal quali si evincano chiaramente le singole fasi di esecuzione dei pannelli di diaframma da realizzare.

La tecnica di perforazione sarà di norma basata sull'impiego di fanghi bentonitici.

Nel caso di terreni argillosi da mediamente consistenti a molto consistenti, esenti da intercalazioni incoerenti e non interessati da falde che possano causare ingresso di acqua nel foro, la perforazione potrà essere eseguita anche a secco.

Potrà essere autorizzato dalla Direzione Lavori, in particolari situazioni geotecniche e previa esecuzione di un campo prova, l'utilizzo di idrofresa per l'esecuzione dello scavo.

3.1.1.1 CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA

Durante l'esecuzione di ogni elemento di diaframma, si dovrà registrare su apposita scheda, compilata dall'Impresa in contraddittorio con la DL, il riscontro delle tolleranze ammissibili:

- posizione planimetrica dei diaframmi entro le tolleranze indicate nel progetto.
- la verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 2%;
- la tolleranza ΔS sullo spessore, verificata in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito, per ciascun elemento, in base al suo assorbimento globale dovrà essere contenuta nel seguente intorno: $- 0,01 S < \Delta S \leq 0,1 S$
- la profondità "L", dovrà risultare conforme al progetto ± 20 cm

e di seguenti dati:

- identificazione del diaframma;
- successione stratigrafica dei terreni attraversati;
- data di inizio perforazione e di fine getto;
- valore degli "slump" del calcestruzzo, effettuato per ogni betoniera o 10 m^3 di conglomerato cementizio impiegato;
- profondità prima del getto;
- il numero di campioni prelevati secondo le modalità e prescrizioni previste;



- i controlli su ogni lotto di fango bentonitico impiegato;
- caratteristiche geometriche costruttive degli eventuali giunti;
- le caratteristiche degli additivi utilizzati;
- la quantità di conglomerato cementizio impiegato per ogni elemento di diaframma.

3.1.1.2 CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

I controlli non distruttivi sono:

- prove geofisiche;
- carotaggio continuo meccanico;
- scavi attorno al fusto dell'elemento di diaframma.

L'impresa provvederà a sottoporre alla Direzione Lavori, per approvazione, il programma e le specifiche tecniche di dettaglio.

3.1.1.3 Prove geofisiche

Prima delle operazioni di getto, l'impresa provvederà all'installazione di tubi estesi a tutta la profondità dell'elemento, entro cui possano scorrere le sonde di emissione e ricezione; le tubazioni saranno predisposte per il 15% dello sviluppo totale dei diaframmi.

Gli elementi di diaframma da sottoporre a controllo (almeno il 5% del numero totale degli elementi di diaframma con un numero minimo di 2) ed il numero dei controlli sarà stabilito dalla Direzione Lavori anche in relazione all'importanza dell'opera, alle caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni di fondazione e alle anomalie riscontrate durante l'esecuzione dei diaframmi.

Le prove dovranno essere eseguite non prima di 28 giorni dal termine delle operazioni di getto.

Le misure dovranno essere eseguite ogni 10 cm di avanzamento della sonda nelle tubazioni predisposte.

L'esito della prova sarà registrato con apparecchiatura digitale a cura del laboratorio incaricato dall'impresa.

Nel caso si identifichino anomalie, le misure saranno ripetute con le sonde a quote diverse tra loro, al fine di stabilire se l'anomalia riscontrata è dovuta ad un piano di discontinuità oppure è provocata da cavità o inclusioni nel getto di calcestruzzo.

I risultati di tali prove saranno riportati su apposita scheda in cui verrà indicato:

- i dati identificativi del pannello, rispetto alla planimetria;
- la data di esecuzione della prova;



- le registrazioni effettuate ad ogni avanzamento della sonda;
- caratteristiche della centralina di registrazione e della sonda.

3.1.1.4 Carotaggio continuo meccanico

Tale prova si eseguirà, a cura e spese dell'Impresa e su ordine della D.L., in corrispondenza di quegli elementi di diaframma ove si fossero rilevate inosservanze durante la fase di getto.

Il carotaggio dovrà essere eseguito con doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a 60 mm.

Ad ultimazione della perforazione l'impresa fornirà un report su cui siano evidenziate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti oltre che la mappatura di eventuali discontinuità e/o fratture riscontrate.

Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisiche, meccaniche e chimiche.

Scavi attorno al fusto del diaframma

Ove fossero rilevate dalla D.L. difformità rispetto al progetto in merito alla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4,0 - 5,0 metri di diaframma, su ordine della D.L. si procederà alla messa a nudo e pulizia con un violento getto d'acqua del fusto del diaframma al fine di verificare visivamente se sussistono effettivi problemi.

Successivamente si provvederà a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva.

3.1.1.5 PROVE DI CARICO PER I SOLI ELEMENTI DI DIAFRAMMA CON FUNZIONE PORTANTE VERTICALE

In generale, tutte le prove di carico da effettuarsi saranno studiate dall'Impresa esecutrice, con il supporto del progettista strutturale dell'opera, proposte ed approvate dalla D.L.

Modalità e caratteristiche delle prove saranno preventivamente approvate dalla Direzione dei lavori, strumenti di misura e gli apparati di prova – di proprietà del laboratorio incaricato dall'impresa- saranno sempre corredati di certificato di taratura e controllo.

Nel caso di strutture particolarmente complesse o in situazioni geologiche particolari, prima delle usuali prove di carico, il progetto potrà prevedere delle prove di carico limite per accertare i carichi che producono il collasso del complesso pannello - terreno. Questo tipo di prove dovrà essere effettuato su pannelli opportunamente predisposti, all'esterno del diaframma, ed in una situazione geotecnica analoga.



Il numero di elementi da sottoporre alla prova di carico ordinaria verrà stabilito in base all'importanza dell'opera ed al grado di omogeneità del sottosuolo; comunque è previsto un minimo del 2% del totale del numero degli elementi (con un minimo di 2 elementi).

Di ciascuna prova dovrà essere redatto apposito verbale, controfirmato dalle parti, nel quale saranno riportati tra l'altro: data e ora di ogni variazione di carico, entità del carico, le letture ai micrometri e il diagramma di carichi-cedimenti.

3.1.1.6 PROVE DI CARICO LATERALE

Tali tipologie di prove saranno effettuate su quei pannelli indicati dal progettista e/o preventivamente concordati con la DL.

Essa sarà unicamente del tipo non distruttivo, e verranno eseguite con l'ausilio di pannelli di contrasto posti almeno a 3 m di distanza dal pannello di prova.

Per le prove di carico laterale valgono le indicazioni delle prove di carico assiale.

3.1.1.7 PROVE SU PANNELLI STRUMENTATI

Ove i pannelli siano di tipo strumentato, oltre alle prove di carico assiale e laterale, per cui valgono i controlli descritti ai precedenti punti, si dovrà procedere subito dopo il getto del pannello, ai controlli di funzionalità della strumentazione installata.

Successivamente verranno effettuate le letture alle seguenti scadenze:

1° controllo: a 7 giorni;

2° controllo: a 14 giorni;

3° controllo: a 28 giorni;

4° controllo: immediatamente prima della prova di carico;

La lettura al 4° controllo fungerà da origine per le successive letture in fase di prova di carico.

Per quanto riguarda la prova di carico laterale, questa avverrà con l'ausilio del tubo inclinometrico e con gli estensimetri elettrici già predisposti.

Il controllo delle deformazioni avverrà con l'ausilio di tubi inclinometrici annegati nel getto di calcestruzzo.

Le misure saranno effettuate con una sonda inclinometrica di tipo bi-assiale.



La frequenza delle misure verrà stabilita dalla D.L., in relazione ai programmi di scavo del pannello ed alla messa in trazione degli eventuali tiranti di ancoraggio. L'esito delle prove sarà registrato in una apposita scheda in cui sarà indicato, per ogni pannello:

- i dati identificativi del pannello rispetto alla planimetria;
- la data di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- il tipo di sonda inclinometrica impiegata;
- i dati sulla torsione iniziale dei tubi guida;
- le registrazioni dei dati inclinometrici rilevati

3.1.2 PALANCOLE

Le palancole vengono utilizzate quasi esclusivamente come opera provvisoria.

L'Impresa comunicherà preventivamente alla Direzione dei lavori le modalità esecutive che intende adottare per le infissioni nonché il programma cronologico di infissione di tutte le palancole.

L'Impresa dovrà eseguire a sua cura e spese misure vibrazionali di controllo per verificare se vengono o meno superati i limiti di accettabilità imposti dalle norme DIN 4150. Nella eventualità di superamento di tali limiti, la stessa impresa dovrà sottoporre alla Direzione Lavori, per la necessaria approvazione, i provvedimenti che intende adottare per proseguire le lavorazioni nel rispetto del range di accettabilità.

3.1.2.1 CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA

Durante la realizzazione del palancolato, si dovrà registrare su apposita scheda, compilata dall'Impresa in contraddittorio con la DL, il riscontro delle tolleranze ammissibili:

- posizione planimetrica dell'asse mediano del palancolato : ± 3 cm
- verticalità : ± 2 %
- quota testa : ± 5 cm
- profondità : ± 25 cm

Qualora l'infissione risultasse ostacolata, l'Impresa, previo accordo della Direzione Lavori e previa verifica della congruità progettuale dell'opera, potrà limitare l'infissione a quote superiori, provvedendo al taglio della parte di palancola eccedente rispetto alla quota di testa prevista in progetto.

Per ciascun elemento infisso mediante battitura o vibrazione, l'Impresa oltre al controllo delle tolleranze, dovrà redigere una scheda indicante:

- n. progressivo della palancola, riportato sulla planimetria di progetto
- dati tecnici della attrezzatura
- tempo necessario per l'infissione
- informazioni relative alla locale stratigrafia



- tabella dei colpi per l'avanzamento (ove applicabile)
- note aggiuntive su eventuali anomalie o inconvenienti

In presenza di anomalie o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, di mancato raggiungimento della quota di progetto e qualsiasi altra anomalia, l'Impresa è tenuta a comunicare ciò alla Direzione Lavori, concordando l'eventuale riesame della progettazione o gli opportuni provvedimenti.

Per la fase di estrazione si compilerà un'analogha scheda, a quella descritta precedentemente.

3.1.3 MATERIALI DA UTILIZZARE

3.1.3.1 CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Sarà conforme a ciò che è prescritto nel progetto e nel Capitolato sezione "calcestruzzi".

3.1.3.2 ARMATURE METALLICHE

Le armature metalliche dovranno essere realizzate in conformità a ciò che è prescritto in progetto e nel Capitolato sezione "armature".

3.1.3.3 PALANCOLE METALLICHE

Dovranno essere utilizzati profilati aventi forma, sezione, spessore, lunghezza, conformi a quanto previsto dal progetto.

Usualmente, e salvo differenti prescrizioni progettuali, l'acciaio delle palancole dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- tensione di rottura $f_t = 550 \text{ N/mm}^2$
- limite elastico $f_y = 390 \text{ N/mm}^2$.

La superficie delle palancole dovrà essere convenientemente protetta con una pellicola di bitume o altro materiale protettivo. I bordi di guida dovranno essere perfettamente allineati e puliti.

3.2 PALI E MICROPALI

Indipendentemente dalla tipologia di palo da realizzare, prima di iniziare la perforazione e/o l'infissione, l'impresa provvederà a segnare fisicamente sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo indicato sulla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata dall'impresa alla Direzione Lavori, dovrà indicare la posizione di tutti i pali, **inclusi quelli di prova**, contrassegnati con numero progressivo.



Per i pali infissi, l'Impresa esecutrice dovrà presentare un programma cronologico di infissione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi dell'infissione stessa sulle opere vicine e sui pali già installati (in genere interasse non inferiore a 3 diametri).

L'Impresa avrà cura di non provocare inquinamenti di superficie o della falda per incontrollate scariche dei detriti e/o dei fanghi bentonitici (ove utilizzati).

3.2.1 PALI TRIVELLATI

Trattasi di pali ottenuti mediante l'asportazione di terreno e sua sostituzione con conglomerato cementizio armato, con l'impiego di perforazione a rotazione o rotopercolazione, eseguiti in materiali di qualsiasi natura e consistenza (inclusi muratura, calcestruzzi, trovanti, strati cementati e roccia dura), anche in presenza di acqua e/o in alveo con acqua fluente.

Sulla scorta delle previsioni progettuali potranno essere adottate diverse tipologie di pali trivellati:

3.2.1.1 Pali trivellati con rivestimento provvisorio:

L'infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta attuando un movimento rototraslatorio applicando, in sommità un vibratore di adeguata potenza (essenzialmente in terreni poco o mediamente addensati, privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi).

Al termine della perforazione verrà calata la gabbia di armatura all'interno del foro con successivo getto del conglomerato mediante tubo di convogliamento.

3.2.1.2 Pali trivellati con fanghi (bentonitici o biodegradabili o polimerici)

Le caratteristiche specifiche dei fanghi saranno esplicitate in APPENDICE.

Il livello del fango nel foro dovrà in ogni caso essere più alto della massima quota piezometrica delle falde presenti nel terreno lungo la perforazione.

La distanza minima fra gli assi di due perforazioni attigue in corso appena ultimate o in corso di getto, dovrà essere tale da impedire pericolosi fenomeni di interazione e comunque non inferiore ai 5 diametri.

Se nella fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del conglomerato cementizio, etc.), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimarla solo nell'imminenza del getto. Il materiale portato in superficie dovrà essere sistematicamente portato a scarica.

Completata la perforazione, si procederà alla sostituzione del fango sino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia, ed alla pulizia del fondo foro.



3.2.1.3 Pali trivellati ad elica continua

Con tale denominazione si identificano i pali realizzati mediante infissione per rotazione di una trivella ad elica continua e successivo getto di calcestruzzo, fatto risalire dalla base del palo attraverso il tubo convogliatore interno all'anima dell'elica, con portate e pressioni controllate.

La tecnica di perforazione è adatta a terreni di consistenza bassa e media, con o senza acqua di falda.

Nel caso di attraversamento di terreni compressibili, nelle fasi di getto, dovranno essere adottati i necessari accorgimenti atti ad evitare sbulbature.

L'estrazione dell'elica avviene contemporaneamente alla immissione del calcestruzzo.

I pali potranno essere armati prima o dopo il getto di calcestruzzo.

La perforazione sarà eseguita mediante una trivella ad elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare.

L'anima centrale dell'elica deve essere cava, in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo. All'estremità inferiore dell'anima sarà posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto.

In ogni caso il volume di terreno estratto per caricamento della trivella deve essere non superiore al volume teorico della perforazione.

Qualora si riscontrassero rallentamenti della perforazione in corrispondenza di livelli di terreno intermedi o dell'eventuale strato portante inferiore, l'Impresa, sentito il progettista e previa autorizzazione della Direzione Lavori, potrà:

- eseguire prefori di diametro inferiore al diametro nominale di pali;
- ridurre la lunghezza di perforazione.

Il fusto del palo verrà formato pompando pneumaticamente entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione.

Nel caso di armatura da posizionare dopo il getto, la gabbia verrà posta in opera mediante l'ausilio di un vibratore.

Dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad assicurare il centramento della gabbia entro la colonna di calcestruzzo appena formata.

Se necessario, la gabbia dovrà essere adeguatamente irrigidita per consentirne la infissione.

L'operazione di infissione dovrà essere eseguita immediatamente dopo l'ultimazione del getto, prima che abbia inizio la presa del calcestruzzo.



Nel caso di armatura da posizionare prima del getto, la gabbia verrà inserita entro l'anima della trivella elicoidale, il cui diametro interno deve essere congruente con il diametro della gabbia di armatura.

All'interno della gabbia dovrà essere inserito un adeguato mandrino, da tenere contrastato sul dispositivo di spinta della rotary per ottenere l'espulsione del fondello a perdere, con effetto di pre-carica alla base del palo.

La gabbia dovrà essere costruita in conformità con il disegno di progetto.

3.2.1.4 CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SU PALI TRIVELLATI

Controlli di accettazione saranno mirati a verificare che ogni lotto di armatura posto in opera, sia accompagnato dai relativi certificati del fornitore, e comunque essere conforme alle prescrizioni di progetto e capitolato previste per tale materiale.

Per quanto riguarda il calcestruzzo e l'eventuale rivestimento in acciaio, dovrà essere controllata la provenienza e la coerenza con gli studi preliminari condotti dall'Impresa, sulla scorta delle indicazioni progettuali, ed approvati preventivamente dalla DL.

Per ciascun palo l'Impresa dovrà fornire alla DL una scheda dove verranno riportati sia i risultati dei controlli delle tolleranze e sia i risultati dei seguenti controlli:

- n° progressivo del palo così come riportato nella planimetria di progetto;
- informazioni relative alla locale stratigrafia;
- dati tecnici dell'attrezzatura;
- data di inizio e fine perforazione, nonché di inizio e fine getto;
- eventuali impieghi dello scalpello o altri utensili per il superamento di zone cementate o rocciose e corrispondente profondità di inizio e fine tratta;
- profondità di progetto;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione, e la stessa prima di calare il tubo getto;
- risultati dei controlli eseguiti sull'eventuale fango di perforazione e della presenza dell'eventuale controcamicia;
- additivi usati per il fango;
- caratteristiche dell'eventuale rivestimento metallico;
- il rilievo della quantità di calcestruzzo impiegato per ogni palo. Il rilievo dose per dose (dose = autobetoniera) dell'assorbimento di calcestruzzo e del livello raggiunto dallo stesso entro il foro in corso di getto, sarà fatto impiegando uno scandaglio a base piatta, su almeno i primi 10 pali e sul 10% dei pali successivi. In base a questo rilievo potrà essere ricostituito l'andamento del diametro medio effettivo lungo il palo (profilo di getto).;
- misura dello "slump" (per ogni betoniera o per ogni 10 m³ di materiale posto in opera);



- numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa, così come indicato nel presente Capitolato, ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- geometria delle gabbie di armatura;
- risultati delle eventuali prove effettuate e richieste dalla DL;
- caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto e lotto di appartenenza dello stesso.
- I risultati dell'operazione di scapitozzatura e dell'eventuale ripristino del palo sino alla quota di sottoplinto.

Per quanto riguarda le tolleranze che potranno essere ammesse, la DL sarà tenuta a controllare che.

- la posizione planimetrica dei pali non dovrà discostarsi da quella di progetto più del 5% del diametro nominale del palo salvo diversa indicazione della Direzione Lavori.
- la verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 2%.
- per ciascun palo, in base all'assorbimento complessivo, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra "- 0,01 D" e "+ 0,1 D";

La Direzione Lavori procederà pertanto alla contabilizzazione dell'opera tenendo conto della sola misura nominale prevista in progetto.

Per quanto riguarda verifiche e controlli sui fanghi eventualmente utilizzati in corso di perforazione, si rimanda agli specifici paragrafi in APPENDICE.

3.2.2 PALI INFISSI

Con tale denominazione si identificano i pali infissi nel terreno realizzati mediante battitura di manufatti prefabbricati o gettati in opera. L'adozione di pali infissi è condizionata da una serie di fattori geotecnici ed ambientali tra i quali:

- vibrazioni, rumori, spostamenti verticali e/o orizzontali del terreno causati dall'infissione;
- eventuali interferenze con i pali adiacenti;

Lo studio preventivo condotto da parte dell'impresa, con l'ausilio del progettista, dovrà prevedere tutti gli accorgimenti e le provvigioni utili a contenere le vibrazioni entro i limiti di accettabilità imposti dalle norme DIN 4150. Nella eventualità di superamento di tali limiti, la stessa impresa dovrà sottoporre alla Direzione Lavori, per la necessaria approvazione, i provvedimenti che intende adottare per proseguire le lavorazioni nel rispetto dell'intervallo di accettabilità.

In particolari condizioni di natura geotecnica e/o stratigrafica, in relazione all'importanza dell'opera, l'idoneità delle attrezzature dovrà essere verificata mediante **l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari**.

Tali verifiche dovranno essere condotte in aree limitrofe a quelle interessanti la palificata in progetto e comunque tali da essere rappresentative dal punto di vista geotecnico ed idrogeologico.



Le caratteristiche geometriche dei rivestimenti in acciaio, sia provvisori che definitivi, dovranno essere conformi alle prescrizioni di progetto.

Nel caso di pali battuti con rivestimento definitivo, da realizzare in ambienti aggressivi la superficie esterna del palo dovrà essere rivestita con materiali protettivi adeguati, da concordare con la Direzione Lavori.

Nel caso di pali battuti gettati in opera con tubo forma estraibile, l'espulsione del fondello, occludente l'estremità inferiore del tubo-forma, potrà essere eseguito con un pistone rigido di diametro pari a quello interno del tubo forma collegato, tramite un'asta rigida, alla base della testa di battuta.

Potrà essere impiegato un tubo-forma dotato di fondello incernierato recuperabile.

In base a come viene costruito il fusto, i pali trivellati si distinguono in:

3.2.2.1 Pali infissi prefabbricati:

I pali verranno prefabbricati fuori opera (in stabilimenti di produzione oppure direttamente in cantiere). L'Impresa presenterà uno studio preliminare sui calcestruzzi e sugli acciai da utilizzarsi per la prefabbricazione oltre che una dettagliata descrizione sulla tecnica di infissione, corredata dalle schede di controllo da compilarsi durante le operazioni di infissione, ai fini del controllo dei parametri sensibili.

La DL avrà cura di far eseguire prove di controllo della geometria del fusto del palo e delle armature e delle caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati, il tutto a carico dell'Impresa.

Il giunto dovrà essere realizzato con un anello di acciaio con armatura longitudinale, solidale con ciascuno degli spezzoni di palo da unire.

Gli anelli verranno saldati tra loro e protetti con vernici bituminose o epossidiche.

L'infissione si realizzerà tramite battitura, senza asportazione di materiale.

Nel caso di attraversamento di strati granulari addensati, si potrà facilitare l'infissione con iniezioni di acqua.

Prima di essere infisso, il fusto del palo dovrà essere suddiviso in tratti di 0,5 m, contrassegnati con vernice di colore contrastante rispetto a quello del palo.

Gli ultimi 2,0 - 4,0 m del palo dovranno essere suddivisi in tratti da 0,1 m, onde rendere più precisa la rilevazione dei rifiuti nella parte terminale della battitura.

L'arresto della battitura del palo potrà avvenire solo dopo aver raggiunto:

- la lunghezza minima di progetto;
- il rifiuto minimo specificato.

Dove con il termine rifiuto minimo, si intende, quando l'infissione corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente è inferiore ai 2,5 cm.



Precisazioni dettagliate concernenti il rifiuto minimo saranno contenute nella relazione preliminare predisposta dal progettista per conto dell'impresa.

In condizioni geotecniche particolari (forti sovrappressioni interstiziali, etc.) la Direzione Lavori potrà richiedere la ribattitura di una parte dei pali già infissi per un tratto in genere non inferiore a 0,3.-0,5 m.

In questo caso si dovranno rilevare i "rifiuti" per ogni 0,1 m di penetrazione, evidenziando in modo chiaro nei rapportini che si tratta di ribattitura.

3.2.2.2 Pali infissi gettati in opera

Tali pali vengono realizzati riempiendo con calcestruzzo lo spazio interno vuoto di un elemento tubolare metallico fatto penetrare nel terreno mediante battitura o per vibrazione, senza asportazione del terreno medesimo.

I pali infissi gettati in opera si distinguono in:

- Pali con rivestimento definitivo in lamiera d'acciaio, corrugata o liscia, chiusi alla base con un fondello d'acciaio. I pali vengono realizzati infiggendo nel terreno il rivestimento tubolare. Dopo l'infissione e la eventuale ispezione interna del rivestimento, il palo viene completato riempiendo il cavo del rivestimento con calcestruzzo armato.
- Pali realizzati tramite infissione nel terreno di un tubo forma estraibile, in genere chiuso alla base da un fondello a perdere. Terminata l'infissione, il palo viene gettato con calcestruzzo, con o senza la formazione di un bulbo espanso di base. Durante il getto, il tubo-forma viene estratto dal terreno.

L'adozione della tipologia di esecuzione sarà conforme a quanto esposto in progetto e dichiarato nella relazione preliminare.

3.2.2.3 CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SU PALI INFISSI

Valgono le stesse prescrizioni indicate nei controlli relativi ai pali trivellati precedentemente espresse.

Per ciascun palo l'Impresa dovrà redigere una scheda dove verranno riportati i risultati dei controlli delle tolleranze:

- sul perimetro: uguale al $\pm 2\%$;
- deviazione dell'asse del palo rispetto all'asse di progetto (verticalità): $\leq \pm 3\%$ (2% nel caso di pali infissi gettati in opera);
- errore rispetto alla posizione planimetrica: $\leq 15\%$ del diametro nominale in testa;

ed inoltre dovrà essere riportato:

- n° progressivo del palo così come riportato nella planimetria di progetto;
- data di infissione;



- dati tecnici dell'attrezzatura;
- informazioni relative alla locale stratigrafia;
- tempo di infissione;
- rifiuto ogni 0,1 m negli ultimi 4 m, e ogni 1 m nel tratto precedente;
- profondità di progetto;
- rifiuti per eventuale ribattitura;
- eventuale strumentazione e posizione della stessa per il controllo dell'efficienza del battipalo e della velocità terminale del maglio;
- controllo delle vibrazioni (DIN – 4150);
- risultati delle eventuali prove richieste dalla DL;
- caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto e lotto di appartenenza dello stesso.

Nel caso di pali battuti gettati in opera, oltre ai precedenti controlli:

- data del getto;
- tipo di tappo impiegato;
- quantità di calcestruzzo posto in opera nella formazione dell'eventuale bulbo e fusto;
- misura dello "slump" (per ogni betoniera o per ogni 10 m³ di materiale posto in opera);
- numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa, così come indicato nel presente Capitolato, ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- geometria delle gabbie di armatura;
- eventuali ulteriori prove richieste dalla Direzione Lavori.
-

3.2.3 PALI FDP (FULL DISPLACEMENT PILES)

La metodologia di esecuzione di questo palo di fondazione prevede la dislocazione del terreno posto a diretto contatto con l'utensile di perforazione nell'intorno del volume immediatamente adiacente.

La scelta delle attrezzature di scavo e gli associati dettagli esecutivi e di posa in opera del palo, dovranno essere comunicati dall'impresa alla Direzione dei Lavori preliminarmente all'esecuzione dei pali FDP per mezzo di una apposita relazione redatta dal progettista strutturale, corredata dalle schede di controllo da compilarsi durante le fasi esecutive.

L'utilizzo di tale tecnologia di scavo potrà essere avviata solo dopo un approfondito studio delle formazioni geologiche da attraversare.

L'attrezzatura di scavo dovrà essere dotata di un opportuno sistema di rilevamento, controllo e restituzione grafica di tutti i parametri che concorrono alla fase di perforazione (sistema B—Tronic o similari).



Il conglomerato cementizio da utilizzare dovrà rispettare le caratteristiche previste in progetto così come riportate nella relazione di studio preliminare prodotta dall'impresa.

Durante l'esecuzione del palo, la Direzione dei Lavori provvederà a redigere un apposito verbale, controfirmato dall'impresa, recante:

- l'identificazione del palo;
- l'ora e la data dell'inizio della perforazione e di fine del getto, inclusi i tempi parziali di ogni betoniera;
- i risultati di una prova al cono di Abrams eseguita ogni 10 m³ di conglomerato cementizio impiegato;
- il rilievo della quantità di conglomerato cementizio impiegato per ogni palo.

Successivamente alla realizzazione di ogni palo FDP, inclusi i pali FDP pilota, dovranno essere trasmessi alla Direzione dei Lavori tutti i dati di output (anche in forma di diagrammi) del sistema di rilevamento, fra cui a titolo non esaustivo si citano:

- Tempo e profondità;
- Deviazione dalla verticale;
- Pressione e portata idraulica;
- Forza centrifuga e coppia torcente;
- Profondità raggiunta;
- Coppia e forza di spinta;
- Velocità di penetrazione;
- Pressione di getto del calcestruzzo;
- Volume di calcestruzzo assorbito dal palo rispetto al teorico previsto;
- Rapporto tra la coppia torcente applicata sulla trivella e la misura della penetrazione.

Nel caso di utilizzo di armature metalliche, queste ultime verranno pre-assemblate fuori opera.

3.2.3.1 CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SU PALI FDP

La Direzione Lavori, alla fine della perforazione misurerà, in contraddittorio, la profondità del foro tramite uno scandaglio e verificherà tale valore con il dato riferito dal sistema di controllo elettronico installato sull'attrezzatura; l'operazione verrà effettuata obbligatoriamente all'inizio ed al termine di eventuali interruzioni prolungate della lavorazione, in corrispondenza dei turni di riposo o per altri motivi.

Fra i controlli da eseguirsi, su richiesta della Direzione Lavori, si contemplano anche:

- prove geofisiche (da eseguirsi con 4 tubi); ,
- carotaggio continuo meccanico (da eseguirsi con doppio carotiere).

Per queste tipologie di prova, vale quanto detto nel presente capitolato per i diaframmi .



Le tolleranze geometriche ammesse impongono che alla testa, il centro del palo corrisponda al centro geometrico delle armature longitudinali.

Sull'assetto geometrico del palo si dovrà rilevare:

- lunghezza: uguale a ± 1 1%;
- deviazione dell'asse del palo rispetto all'asse di progetto: $\leq S$ 2,5%;
- errore rispetto alla posizione planimetrica: $\pm 10,05$ m in tutte le direzioni.

Le tolleranze sul diametro nominale D, verificate in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito e rilevate con la frequenza indicata successivamente, sono:

- per ciascun palo, in base all'assorbimento complessivo, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso nell'intervallo di estremi - 0,01D e +0,1D;
- per ciascuna sezione dei pali sottoposti a misure dell'assorbimento dose per dose, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso nell'intervallo di estremi - 0,01D e +0,1D.

3.2.4 MICROPALI O PALI TRIVELLATI DI PICCOLO DIAMETRO

Premesso che preventivamente all'inizio delle attività, l'impresa dovrà, come d'obbligo, presentare uno studio preliminare completo ed esaustivo sulla tecnica di perforazione ed iniezione, mezzi da utilizzare e miscele da iniettare, i micropali possono essere classificati in:

3.2.4.1 Micropali a iniezioni ripetute ad alta pressione:

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercolazione, con rivestimento continuo e circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar, rispettivamente.

Nel caso di perforazione a roto-percolazione con martello a fondo-foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata ≥ 10 m³/min
- pressione 8 bar.

Completata la perforazione si provvederà quindi ad inserire l'armatura tubolare valvolata, munita di centratori, fino a raggiungere la profondità di progetto.

Di norma si procederà immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina),

Si utilizzerà una miscela cementizia conforme a quanto indicato in progetto.

Non appena completata la messa in opera del tubo valvolato di armatura, si provvederà immediatamente alla formazione della guaina cementizia, iniettando attraverso la valvola più profonda un



quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e l'armatura tubolare.

Trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore dalla formazione della guaina, si procederà, valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione, con l'esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.

Anche in relazione alle caratteristiche del terreno, non saranno eseguite iniezioni nei 5-6 m più superficiali del micropalo, per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

3.2.4.2 Micropali con riempimento a gravità o a bassa pressione:

Nella conduzione della perforazione ci si atterrà alle prescrizioni indicate al paragrafo precedente.

Completata la perforazione e rimossi i detriti si provvederà ad inserire entro il foro l'armatura che dovrà essere conforme ai disegni di progetto.

La cementazione potrà avvenire con riempimento a gravità o con riempimento a bassa pressione.

Nel primo caso il riempimento del foro, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire tramite un tubo di alimentazione disceso fino a 10-15 cm dal fondo, collegato alla pompa di mandata o agli iniettori.

Il riempimento sarà proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie senza inclusioni o miscele con il fluido di perforazione. Si dovrà accertare la necessità o meno di effettuare rabocchi, da eseguire preferibilmente tramite il tubo di convogliamento.

Nel secondo caso, il foro dovrà essere interamente rivestito; la posa della malta o della miscela avverrà in un primo momento, entro il rivestimento provvisorio, tramite un tubo di convogliamento come descritto al paragrafo precedente.

Successivamente si applicherà al rivestimento una idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria a bassa pressione mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione.

In relazione alla natura del terreno potrà essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi 5-6 m di rivestimento da estrarre, per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

3.2.5 CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SU MICROPALI

Per ciascun micropalo l'Impresa dovrà redigere una scheda dove verranno riportati i risultati dei controlli delle tolleranze:

- la posizione planimetrica non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, salvo diverse indicazioni della DL;
- la deviazione dell'asse del micropalo rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore del 2%;
- la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto;



- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di perforazione di progetto;

Ogni micropalo non conforme alle tolleranze stabilite dovrà essere idoneamente sostituito a cura e spese dell'impresa.

Oltre alle tolleranze sopra indicate, la D.L. dovrà effettuare i seguenti controlli.

Ciascun lotto, posto in opera, di armature metalliche, nonché di tubi e di profilati di acciaio, dovrà essere accompagnato dai relativi certificati del fornitore ed essere conforme alle indicazioni di progetto.

Per quanto riguarda le malte e le miscele cementizie, le stesse dovranno essere prequalificate a carico dell'impresa

Nel caso si impieghino come fluidi di perforazione dei fanghi bentonitici, questi dovranno essere assoggettati ai medesimi controlli riportati in appendice.

Il controllo della profondità dei prefori, rispetto alla quota di sottopinto, verrà effettuato in doppio modo:

- in base alla lunghezza delle aste di perforazione immerse nel foro al termine della perforazione, con l'utensile appoggiato sul fondo;
- in base alla lunghezza dell'armatura.

In corso di iniezione si preleverà un campione di miscela sul 10% dei micropali, sul quale si verificherà la rispondenza alle previsioni progettuali per la resistenza delle malte.

Con il campione di miscela dovranno essere altresì confezionati dei provini da sottoporre a prove di compressione monoassiale, nella misura del 10% dei micropali.

L'esecuzione del singolo micropalo sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori di una apposita scheda sulla quale si registreranno i dati seguenti:

- rilievi stratigrafici del terreno;
- identificazione del micropalo;
- dati tecnici dell'attrezzatura di perforazione;
- data di inizio perforazione e termine getto (o iniezione);
- fluido di perforazione impiegato;
- profondità di progetto;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- profondità del foro all'atto della posa in opera dell'armatura;
- geometria e tipologia dell'armatura;
- volumi di miscele per la formazione della guaina (per micropali ad iniezioni multiple selettive);
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;



- risultati delle prove di controllo sulla miscela di iniezione (peso di volume, essudazione, etc.), numero di campioni prelevati e loro resistenza a compressione monoassiale.
- risultati di ulteriori prove condotte o ordinate dalla Direzione Lavori.

3.2.6 MATERIALI DA UTILIZZARE

I calcestruzzi, le malte e le armature metalliche dovranno essere realizzate in conformità a ciò che è prescritto in progetto e nel Capitolato sezione "calcestruzzi" ed "armature".

Per le armature tubolari dei micropali, si useranno tubi di acciaio SE 275 – SE 355, con o senza saldatura longitudinale con attestato di qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle NTC-Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008.

Nel caso i tubi di armatura siano anche dotati di valvole per l'iniezione, essi dovranno essere sconvolti internamente dopo l'esecuzione dei fori di uscita della malta (fori $d = 8$ mm) allo scopo di asportare le sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo $s = 3,5$ mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili di acciaio (diametro 4 mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto.

La valvola più bassa sarà posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo.

Per quanto riguarda i fanghi, si rimanda al paragrafo in APPENDICE.

3.3 POZZI DI FONDAZIONE

L'esecuzione del pozzo può interessare materie di qualsiasi natura e consistenza, anche in presenza di acqua; dovrà avvenire garantendo durante le fasi di lavoro la stabilità delle pareti dello scavo in modo tale da evitare frammenti e da minimizzare la riduzione delle caratteristiche meccaniche del terreno circostante.

Il sostegno delle pareti di scavo dovrà essere affidato ad interventi di sottomurazione o ad elementi prefabbricati affondati progressivamente con l'avanzare dello scavo, nonché a coronelle di pali o micropali affiancati.

Raggiunta la quota di base del pozzo, la parte strutturale dovrà risultare realizzata in modo conforme a quanto stabilito in progetto, in dipendenza della funzione assegnata al pozzo e delle condizioni geotecniche e idrogeologiche del sottosuolo.

Il materiale di risulta, proveniente dallo scavo, se ritenuto non idoneo al suo reimpiego, dovrà essere portato a discarica

Le modalità ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere conformi ai progetti ed approvati dalla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.



Dopo ogni fase di scavo verrà posta in opera una centinatura metallica o un anello in c.a. ed un eventuale prerivestimento in conglomerato cementizio spruzzato armato con rete in acciaio elettrosaldato, di tipologie e dimensioni come riportate negli elaborati progettuali.

Qualora ricorra la possibilità che possano derivare danni alle proprietà limitrofe, il benessere della Direzione Lavori all'impiego di esplosivo è subordinato ai risultati di misure vibrazionali e di controllo che l'Impresa dovrà eseguire a sua cura e spese secondo schemi e metodologie approvate dalla stessa Direzione Lavori.

Nel corso dello scavo del pozzo l'Impresa dovrà registrare su scheda la natura dei materiali attraversati.

Prima del getto del conglomerato cementizio magro di regolarizzazione del fondo dello scavo, ciascun pozzo dovrà essere ispezionato dalla Direzione Lavori, cui compete il benessere al getto.

Dovrà essere sempre assicurato l'emungimento di venute d'acqua per cui l'impresa provvederà a indicare alla Direzione Lavori gli opportuni mezzi di esaurimento ed abbattimento della falda.

Qualora durante le fasi di scavo si manifestino rilasci o cavità lungo le pareti, l'Impresa dovrà provvedere tempestivamente a sua cura e spese, ad eseguire iniezioni di intasamento con le modalità che saranno via via indicate dalla Direzione Lavori.

3.3.1 CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SUI POZZI

L'esecuzione di ciascun pozzo comporterà la registrazione delle seguenti indicazioni su apposita scheda compilata dall'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori:

- dimensioni e caratteristiche del pozzo;
- modalità esecutive;
- caratteristiche della falda;
- stratigrafia dettagliata dei terreni attraversati corredata, dove richiesto, da documentazione fotografica;
- descrizione delle eventuali situazioni anomale e dei relativi provvedimenti adottati (iniezione di intasamento,
- descrizione delle eventuali opere di drenaggio poste in opera.

Per quanto riguarda i materiali impiegati valgono le indicazioni riportate nei Capitolati specifici: "Calcestruzzi", "Acciai", "Movimenti di terra" ecc.

4 PROVE DI CARICO SU PALI E MICROPALI

4.1 PROVE DI CARICO



Le prove di carico saranno effettuate con le modalità di cui al D.M. 14.01.2008 e s.m.i. a cura e spese dell'appaltatore.

Le prove di carico hanno principalmente lo scopo di:

- accertare eventuali deficienze esecutive nel palo;
- verificare i margini di sicurezza disponibili nei confronti della rottura del sistema palo-terreno;
- valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema palo-terreno.

Si definiscono:

- prove di carico assiale e/o prove di verifica le prove effettuate su pali e micropali facenti parte della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è in generale pari a 1,5 volte il carico di esercizio (P_{es});
- prove a carico limite o prove di progetto su pali pilota le prove effettuate su pali e micropali appositamente predisposti all'esterno della palificata, spinte fino a carichi di rottura del sistema palo-terreno o prossimi ad essi; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è in generale pari a 2,5÷3 volte il carico di esercizio (P_{es});

Il numero e l'ubicazione dei pali e micropali da sottoporre a prova di carico devono essere stabiliti in funzione dell'importanza dell'opera, dell'affidabilità, in termini quantitativi, dei dati geotecnici disponibili e del grado di omogeneità del terreno.

I pali soggetti a prova di carico assiale potranno, a discrezione della Direzione Lavori, essere sottoposti anche a prova di ammettenza meccanica per valutare, tramite correlazione, la capacità portante statica di pali soggetti solo a prove dinamiche; la prova di ammettenza meccanica non è prevista per i micropali.

Le caratteristiche dei pali o micropali di prova (lunghezza, diametro, modalità esecutive, caratteristiche dei materiali, ecc.) dovranno essere del tutto simili a quelle dei pali o micropali dimensionati in fase di progetto.

Tutte le prove di carico dovranno essere studiate dal progettista strutturale incaricato dall'Impresa appaltatrice; il progetto delle prove di carico dovrà essere concordato ed approvato dalla Direzione dei Lavori prima della loro esecuzione. Per l'organizzazione delle prove l'Impresa dovrà avvalersi di un Laboratorio specializzato che fornirà tutta la tecnologia necessaria alle misure e test previsti nel progetto delle prove comprese le schede di rilevamento dei dati che dovranno essere assunti in contraddittorio con la Direzione dei lavori.

In Appendice vengono esplicitate le metodologie di conduzione delle prove di carico sopra individuate.



5 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

5.1 NORME GENERALI

Resta stabilito, innanzitutto, che, sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i disegni contabili delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.

Detti disegni contabili, da predisporre su supporto magnetico e da tradurre, in almeno duplice copia su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione Lavori per il necessario e preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, effettuate in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.

Tale documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

La suddetta documentazione contabile resterà di proprietà dell'Amministrazione committente.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

I lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore durante l'esecuzione dei lavori.

I lavori, invece, da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore, e confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto di Appalto.

Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto il corrispettivo da accreditare negli S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera.

A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la Direzione dei Lavori provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.

5.2 CRITERI DI MISURA



5.2.1 DIAFRAMMI E PALANCOLATE

Si rimanda alle norme sulle misurazioni relative alle singole lavorazioni che compongono l'opera e/o parte di opera (es. Scavi, Pali, micropali, calcestruzzi, ecc.) da realizzare.

5.2.2 PALI

La lunghezza dei pali prefabbricati, ai fini della valutazione, comprende anche la parte appuntita; per la misura del diametro, si assume quello delle sezioni a metà lunghezza.

Quando, stabilita la lunghezza dei pali da adottare, il palo avesse raggiunto la capacità portante prima che la testa sia giunta alla quota stabilita, il palo verrà reciso, a cura e spese dell'Impresa, ma nella valutazione verrà tenuto conto della sua lunghezza originaria.

Nel prezzo a metro sono comprese, oltre la fornitura del palo, anche la fornitura e applicazione della puntazza in ferro e della ghiera in testa, la posa in opera a mezzo di idonei battipali, tutta l'attrezzatura, la mano d'opera occorrente e le prove di carico da eseguire con le modalità e gli oneri previsti dal presente CSA.

Per i pali in c.a. costruiti fuori opera, ferme restando le suddette norme per la loro valutazione e messa in opera, si precisa che il prezzo comprende, oltre la fornitura, l'armatura metallica, la puntazza metallica robustamente ancorata al calcestruzzo, le cerchiature di ferro, i prismi in legno a difesa della testata e le prove di carico da eseguire con le modalità e gli oneri previsti nel presente CSA.

La lunghezza per tutti i pali costruiti in opera, compresi i pali trivellati, sarà quella determinata dalla quota di posa del plinto (riportata in prossimità dell'opera con apposita modina esterna riferita ad opportuni capisaldi topografici) alla quota di fondo palo (ricavata con la classica strumentazione topografica).

La lunghezza dei pali dovrà essere accertata in contraddittorio tra Direzione Lavori ed Appaltatore con stesura di apposito verbale di misurazione al termine della fase di perforazione.

Qualora dovessero riscontrarsi lunghezze superiori rispetto a quelle previste in progetto e non autorizzate dal D.L., la parte di palo eccedente non verrà riconosciuta all'appaltatore. Qualora dovessero riscontrarsi lunghezze inferiori rispetto a quelle di progetto, il Direttore dei lavori, una volta accertato che la minore quantità eseguita non pregiudica l'accettabilità dell'opera, effettuerà la detrazione contabile delle quantità non realizzate.

Nei relativi prezzi di Elenco si intendono compresi e compensati:

l'infissione del tuboforma, la fornitura del calcestruzzo, il suo getto e costipamento con mezzi idonei, la formazione di eventuali bulbi di base ed espansioni laterali, il ritiro graduale del tuboforma, gli esaurimenti d'acqua, l'eventuale impiego di scalpello, la rasatura e la sistemazione delle teste per l'ammorsamento nei plinti/cordoli/ecc, l'eventuale foratura a vuoto del terreno, la posa in opera, ove occorre, di un'idonea controcamicia di lamierino per il contenimento del getto nella parte in acqua, le prove di carico che saranno ordinate dalla



Direzione dei Lavori con le modalità e gli oneri previsti dal seguente capitolato; esclusa l'eventuale fornitura e posa in opera dell'armatura metallica che verrà compensata con il relativo prezzo di Elenco.

Nei prezzi di tutti i pali eseguiti in opera, sia di piccolo che di grande diametro, è sempre compreso l'onere dell'estrazione e del trasporto a rifiuto delle materie provenienti dall'escavazione del foro entro la distanza di 5 km dal confine del lotto in direzione della discarica.

5.2.3 POZZI

Si considera scavo a pozzo quello che si esegue con l'adozione di rivestimento costruito per sottomurazione e che ha, in sezione corrente, un'area teorica esterna non superiore a mq. 80; scavi aventi un'area teorica superiore agli 80 mq. saranno considerati scavi di fondazione a sezione obliquata.

Lo scavo in pozzo a cielo aperto verrà compensato con gli appositi prezzi di Elenco. Tali prezzi verranno applicati solo quando i pozzi superino la profondità di 3 m dal piano di campagna o di sbancamento; per pozzi profondi fino a 3,00 m lo scavo verrà contabilizzato e pagato come scavo di fondazione.

Verrà valutato come scavo di sbancamento quello eseguito al di sopra del piano orizzontale passante per la sommità del primo anello del pozzo, qualunque siano le cautele e gli accorgimenti da adottare in relazione alla acclività delle pendici ed alla natura geologica dei terreni costituenti le pendici stesse.

La contabilizzazione dello scavo dei pozzi sarà fatta in base all'area teorica ed all'altezza misurata, per zone di profondità, dal piano di posa del calcestruzzo di fondo fino alla sommità. Lo scavo degli eventuali allarghi di base sarà compensato con lo stesso prezzo dello scavo dei pozzi.

A ciascuna zona di profondità sarà applicato il relativo compenso previsto nell'Elenco Prezzi.

Le altre categorie di lavori (calcestruzzi, ferro di armatura, casseri) saranno valutate con le modalità valevoli per i normali lavori di opere d'arte, con le maggiorazioni previste dall'Elenco Prezzi.

Il rivestimento dei pozzi sarà contabilizzato come calcestruzzo in elevazione, il fondello e il riempimento dei pozzi sarà contabilizzato come calcestruzzo di fondazione; in ogni caso la eventuale armatura di ferro sarà compensata a parte.

Qualora l'Impresa, per ragioni di propria convenienza od in relazione alle caratteristiche dei terreni, eseguita lo scavo di un tratto del pozzo e prima di procedere alla costruzione dell'anello in calcestruzzo rivestisse le pareti di scavo con calcestruzzo spruzzato a pressione, tale strato di calcestruzzo verrà contabilizzato unitamente a quello costituente l'anello di rivestimento e pagato con lo stesso prezzo.

Tutte le norme di misurazione e contabilizzazione del presente paragrafo si applicano anche per i pozzi di aereazione delle gallerie verticali o subverticali.



L'eventuale esaurimento di acqua di falda o vena, meccanico o non, è a cura e spese dell'Impresa fin quando lo scavo venga eseguito ad una profondità minore di 20 (venti) cm sotto il livello costante cui si stabiliscono le acque. Per profondità maggiori verrà corrisposto all'Impresa il compenso stabilito nell'Elenco dei Prezzi.

6 NON CONFORMITA'

La Direzione dei Lavori, sulla scorta dei controlli e delle prove eseguite sulle singole lavorazioni, così come sopra descritte, provvederà, in caso di esito negativo, ad aprire delle non conformità rendendone edotto l'appaltatore.

La risoluzione delle non conformità, che coinvolgerà sempre anche il progettista nel caso di opere strutturalmente rilevanti, dovrà essere proposta dall'appaltatore e concordata con la Direzione dei Lavori. A insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori, potranno essere comminate penalizzazioni economiche sulle lavorazioni oggetto di non conformità.

•

7 COLLAUDO

La competenza del collaudo tecnico delle strutture in c.a. viene in generale attribuita dalla legge al Collaudatore Statico. La norma (N.T.C. 2008) prevede che il Collaudatore Statico, è tenuto a controllare che siano state messe in atto tutte le prescrizioni progettuali e siano stati eseguiti tutti i controlli sperimentali contemplati dalla legge e dal contratto di appalto.

In particolare, il Collaudatore statico dovrà eseguire un controllo sui verbali e sui risultati delle prove di carico ordinate dal Direttore dei lavori su componenti strutturali e/o sull'opera complessiva.

Conseguentemente, nel caso delle sottofondazioni che stiamo trattando nel presente capitolato, il Direttore dei lavori sarà tenuto, oltre che ad effettuare e registrare puntualmente tutti i controlli e prove precedentemente indicati, a tenere informato il Collaudatore statico soprattutto in merito alla programmazione ed esecuzione delle prove di carico sia in caso di prove di progetto sia in caso di prove di verifica.

8 MANUTENZIONE

Come già più volte ripetuto, le strutture analizzate nel presente capitolato permettono alle strutture sovrastanti (ponti, viadotti, muri, etc.) di trasmettere i carichi in profondità nel terreno di fondazione verso strati più resistenti.

Ovviamente non può ipotizzarsi una manutenzione diretta di tali strutture interrato; occorrerà quindi valutare, nel corso delle verifiche periodiche previste dal piano di manutenzione delle strutture in elevazione sovrastanti, se le medesime presentino lesioni e/o dissesti direttamente



riconducibili a fenomeni correlati alle fondazioni profonde (rotazioni, cedimenti, etc.); in tal caso si dovrà procedere con indagini mirate ad accertare le cause del cedimento.

9 NORMATIVE E RIFERIMENTI

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente, alle seguenti normative:

- D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 e succ. mod. ed integrazioni.
- Circolare 02 Febbraio 2009 n.617/C.S.LL.PP.
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11/03/1988.
- Circolare LL.PP. n° 30483 del 24/09/1988;
- Norme UNI di riferimento
- ASTM D1143-81 "Standard Test Method for piles under static and compressive load".
- DIN 4150
- Associazione Geotecnica Italiana, Raccomandazioni sui pali di fondazione, Dic. 1984

10 APPENDICE

10.1 CONTROLLI SUI FANGHI

Ove il progetto preveda l'utilizzo di fanghi durante lo scavo per l'esecuzione delle sottofondazioni, l'Impresa dovrà presentare alla DL uno studio preliminare in cui siano dettagliatamente specificate le caratteristiche dei materiali da utilizzare, i corretti dosaggi e le metodologie di utilizzo.

10.1.1 CONTROLLO DEL FANGO BENTONITICO

Per il controllo della qualità del fango si eseguiranno, a cura e spese dell'Impresa e in contraddittorio con la Direzione Lavori, determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche:

- a) peso di volume;
- b) viscosità MARSH;
- c) contenuto in sabbia;

ripetendo le misure con la frequenza e le modalità di prelievo sotto indicate.

Fanghi freschi maturati (determinazione delle caratteristiche a e b):

- prelievo nella vasca di maturazione con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi.

Fanghi in uso, nel corso della escavazione (determinazione della caratteristica a):



- prelievo entro il cavo, mediante campionatore, alla profondità sovrastante di 50 cm quella raggiunta dall'escavazione al momento del prelievo, con frequenza di un prelievo per ogni elemento (palo o pannello di diaframma) al termine dell'attraversamento degli strati più sabbiosi o al termine delle operazioni di scavo.

Fanghi prima dell'inizio del getto del conglomerato cementizio (determinazione delle caratteristiche a e c):

- prelievo mediante campionatore, alla profondità di 80 cm sopra il fondo dello scavo con frequenza di prelievo per ogni elemento da eseguire dopo che le armature metalliche ed il tubo di convogliamento sono già stati posti in opera.

La Direzione lavori potrà richiedere ulteriori controlli delle caratteristiche dei fanghi bentonitici impiegati, in particolare nella fase iniziale di messa a punto delle lavorazioni.

L'Impresa dovrà disporre in cantiere di una adeguata attrezzatura di laboratorio per il controllo del peso specifico o di volume, della viscosità, del contenuto in sabbia, del pH, dell'acqua libera, e dello spessore del "cake"; mentre per la constatazione delle seguenti caratteristiche:

- residui al setaccio n. 38 della serie UNI n.2331 - 2332;
- tenore di umidità;
- limite di liquidità;
- decantazione della sospensione al 6%;

si ricorrerà, a cura e spese dell'Impresa, al Laboratorio Ufficiale.

10.1.2 CONTROLLO DEL FANGO BIODEGRADABILE

Per il controllo di qualità del fango, a cura dell'Impresa e in contraddittorio con la Direzione Lavori, si eseguiranno determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche:

- densità del fango biodegradabile fresco;
- densità del fango biodegradabile e viscosità del fango pronto per l'impiego;
- prova di decadimento.

I suddetti controlli verranno effettuati con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi, tranne che la prova di decadimento, che dovrà essere eseguita con frequenza settimanale, presso il laboratorio di cantiere.

La formula prevista e studiata dall'Impresa, potrà essere assoggettata ad ulteriori prove se richieste dalla Direzione Lavori.



10.1.3 CONTROLLO DEL FANGO POLIMERICO

Per il controllo di qualità del fango, a cura dell'Impresa e in contraddittorio con la Direzione Lavori, si eseguiranno determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche:

- densità del fango polimerico fresco;
- densità e viscosità del fango polimerico pronto per l'impiego;

I suddetti controlli verranno effettuati con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi.

La formula prevista e studiata dall'Impresa, potrà essere assoggettata ad ulteriori prove se richieste dalla Direzione Lavori.

10.2 TECNICA DI PROVE DI CARICO SU PALI E MICROPALI

10.2.1 PROVE SU PALI DI GRANDE DIAMETRO

1

10.2.1.1 PROVE DI CARICO ASSIALE E/O PROVE DI VERIFICA

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista, in relazione alle finalità della prova stessa.

Devono essere eseguite prove di carico statiche di verifica per controllarne principalmente la corretta esecuzione e il comportamento sotto le azioni di progetto. Tali prove devono pertanto essere spinte ad un carico assiale pari a 1,5 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

In presenza di pali strumentati per il rilievo separato delle curve di mobilitazione delle resistenze lungo la superficie e alla base, il massimo carico assiale di prova può essere posto pari a 1,2 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

Il numero e l'ubicazione delle prove di verifica devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione; in ogni caso il numero di prove non deve essere inferiore a:

- 1 se il numero di pali è inferiore o uguale a 20,
- 2 se il numero di pali è compreso tra 21 e 50,
- 3 se il numero di pali è compreso tra 51 e 100,
- 4 se il numero di pali è compreso tra 101 e 200,
- 5 se il numero di pali è compreso tra 201 e 500,
- il numero intero più prossimo al valore $5 + n/500$, se il numero n di pali è superiore a 500.



Il numero di prove di carico di verifica può essere ridotto se sono eseguite prove di carico dinamiche, da tarare con quelle statiche di progetto, e siano effettuati controlli non distruttivi su almeno il 50% dei pali.

Di ciascuna prova dovrà essere redatto apposito verbale, controfirmato dalle parti, nel quale saranno riportati tra l'altro: data ed ora di ogni variazione del carico, le corrispondenti letture dei flessimetri ed i diagrammi carichi cedimenti.

10.2.1.2 Attrezzatura e dispositivi di prova

Il carico sarà applicato mediante uno o più martinetti idraulici, con corsa ≥ 200 mm, posizionati in modo da essere perfettamente centrati rispetto all'asse del palo.

I martinetti saranno azionati da una pompa idraulica esterna. Martinetti e manometro della pompa saranno corredati da un certificato di taratura recente (≈ 3 mesi).

Nel caso di impiego di più martinetti occorre che:

- i martinetti siano uguali;
- l'alimentazione del circuito idraulico sia unica.

La reazione di contrasto sarà di norma ottenuta tramite una zavorra la cui massa M dovrà essere non inferiore a 1,2 volte la massa equivalente al massimo carico di prova:

$$M \geq 1,2 \cdot P_{\text{prova}} / g = 0,12 P_{\text{prova}}$$

La zavorra sarà sostenuta con una struttura costituita da una trave metallica di adeguata rigidità sul cui estradosso, tramite una serie di traversi di ripartizione, vanno posizionati blocchi di calcestruzzo o roccia.

In alternativa la zavorra potrà essere sostituita con:

- pali di contrasto, dimensionati a trazione;
- tiranti di ancoraggio collegati ad un dispositivo di contrasto.

In questi casi si avrà cura di ubicare i pali o i bulbi di ancoraggio dei tiranti a sufficiente distanza dal palo di prova (minimo 3 diametri).

L'Impresa, nel caso di prove di carico con pali di contrasto, dovrà redigere un progetto dettagliato delle prove di carico indicando numero, interassi, dimensioni, e lunghezza dei pali;

Qualora sia richiesto l'uso di una centralina oleodinamica preposta a fornire al/ai martinetti la pressione necessaria, questa dovrà essere di tipo sufficientemente automatizzata per poter impostare il carico con la velocità richiesta, variarla in caso di necessità e mantenere costante il carico durante le soste programmate.

Per misurare il carico applicato alla testa del palo si interporrà tra il martinetto di spinta ed il palo una cella di carico del tipo ad estensimetri elettrici di opportuno fondo scala.



Nel caso non fosse disponibile tale tipo di cella, il carico imposto al palo verrà determinato in base alla pressione fornita ai martinetti misurata con un manometro oppure, dove previsto, misurata con continuità da un trasduttore di pressione collegato al sistema di acquisizione automatico e, in parallelo, con un manometro.

Il manometro ed il trasduttore di pressione, se utilizzati, dovranno essere corredati da un rapporto di taratura rilasciato da non più di 3 mesi da un laboratorio ufficiale.

Lo strumento di misura dovrà avere fondo scala e precisione adeguati e non inferiore al 5% del carico applicato per i manometri e del 2% per le celle di carico.

Se viene impiegato soltanto il manometro, il relativo quadrante dovrà avere una scala adeguata alla precisione richiesta.

E' raccomandato l'inserimento di un dispositivo automatico in grado di mantenere costante (± 20 kN) il carico applicato sul palo, per tutta la durata di un gradino di carico ed indipendentemente dagli abbassamenti della testa del palo.

Per la misura dei cedimenti, saranno utilizzati tre comparatori centesimali, con corsa massima non inferiore a 50 mm, disposti a $\approx 120^\circ$ intorno all'insieme palo-terreno.

Il sistema di riferimento sarà costituito da una coppia di profilati metallici poggianti su picchetti infissi al terreno ad una distanza di almeno 3 diametri dal palo.

Il sistema sarà protetto dall'irraggiamento solare mediante un telo sostenuto con un traliccio di tubi innocenti.

Preliminarmente all'esecuzione delle prove saranno eseguiti cicli di misure allo scopo di determinare l'influenza delle variazioni termiche e/o di eventuali altre cause di disturbo.

Dette misure, compreso anche il rilievo della temperatura, saranno effettuate per un periodo di 24 ore con frequenze di 2 ore circa.

10.2.1.3 Preparazione ed esecuzione della prova

I pali prescelti saranno preparati mediante regolarizzazione della testa previa scapitozzatura del calcestruzzo e messa a nudo del fusto per un tratto di ≈ 50 cm.

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite n.3 staffe metalliche, a 120° , per la successiva apposizione dei micrometri.

Sopra la testa regolarizzata si stenderà uno strato di sabbia di circa 3 cm di spessore, oppure una lastra di piombo.

Si provvederà quindi a poggiare una piastra metallica di ripartizione del carico di diametro adeguato, in modo da ricondurre la pressione media sul conglomerato a valori compatibili con la sua resistenza a compressione semplice.



La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 diametri dall'asse del palo.

L'altezza dei due appoggi deve essere sufficiente a consentire il posizionamento dei martinetti e dei relativi centratori e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti ($h_{\min.} = 1,5 \text{ m}$).

Tra i martinetti e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave o struttura di contrasto farà capo a pali o tiranti di ancoraggio.

10.2.1.4 Programma di carico

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alla finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede due cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

1° CICLO

a) Applicazione di "n" ($n \geq 4$) gradini di carico successivi, di entità pari a δP , fino a raggiungere il carico P_{ES} .

b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

- $t = 0$ (applicazione del carico)
- $t = 2'$
- $t = 4'$
- $t = 8'$
- $t = 15'$

Si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore.

Il cedimento è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ($t = 15'$):

$$\delta s \leq 0.025 \text{ mm.}$$

Per il livello corrispondente a P_{ES} il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 4 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a:

- $t = 0$



- t = 5'
- t = 10'
- t = 15'

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a:

- t = 30'
- t = 45'
- t = 60'
-

2° CICLO

a) Applicazione di "m" ($m \geq 9$) gradini di carico δP fino a raggiungere il carico P_{prova} (o P_{lim}).

b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al punto "b" del 1° Ciclo.

c) Il carico P_{prova} , quando è minore di P_{lim} , sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini (di entità $3 \delta P$) con misure a:

- t = 0
- t = 5'
- t = 10'
- t = 15'
-

A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a $t = 60'$; una lettura finale sarà effettuata 12 ore dopo che il palo è stato completamente scaricato.

Si considererà raggiunto il carico limite P_{lim} , e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando risulti verificata una delle seguenti condizioni:

- cedimento (P_{lim}) ≥ 2 cedimento ($P_{lim} - \delta P$)
- cedimento (P_{lim}) $\geq 0,10$ diametri.

10.2.1.5 Risultati della prova

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

- il n° del palo con riferimento ad una planimetria;
- l'orario di ogni singola operazione;



- la temperatura;
- il carico applicato;
- il tempo progressivo di applicazione del carico;
- le corrispondenti misure di ogni comparatore;
- i relativi valori medi;
- le note ed osservazioni.

Le tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento costituiranno il verbale della prova.

Le date e il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati alla Direzione Lavori con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio.

La documentazione fornita dall'esecutore della prova dovrà comprendere i seguenti dati:

- tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento che le indicazioni singole dei comparatori e la loro media aritmetica; (Sono richieste anche le fotocopie chiaramente leggibili della documentazione originale di cantiere - "verbale").
- diagrammi carichi-cedimenti finali per ciascun comparatore e per il valore medio; diagrammi carichi-cedimenti (a carico costante) per ciascun comparatore e per il valore medio;
- numero di identificazione e caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro);
- stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati);
- geometria della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, etc.);
- disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione;
- scheda tecnica del palo, preparata all'atto dell'esecuzione.
- relazione tecnica riportante l'elaborazione dei dati e l'interpretazione della prova medesima nonché l'individuazione del carico limite con il metodo dell'inverse pendenze.

10.2.1.6 PROVE DI CARICO SU PALI STRUMENTATI

Quando richiesto, le prove di carico assiali, oltre che per definire la curva carico-cedimento alla testa del palo, avranno lo scopo di valutare l'entità e la distribuzione del carico assiale e della curva di mobilitazione dell'attrito lungo il palo. Pertanto, dovranno essere predisposte una serie di sezioni strumentate nel fusto del palo, e anche alla base del palo stesso. I dispositivi indicati nel presente paragrafo sono pertanto da considerarsi aggiuntivi rispetto a quanto sopra descritto

Per i pali strumentati, ad ultimazione del getto verrà eseguito un controllo generale della strumentazione per verificare l'integrità a seguito delle operazioni di realizzazione del palo.

Ulteriori controlli con registrazione dei dati verranno eseguiti a 7, 14 e 28 giorni ed immediatamente prima della prova di carico. Quest'ultima costituirà la misura di origine per le successive letture.



10.2.1.7 Attrezzature e dispositivi di prova

Lungo il fusto del palo saranno predisposte delle sezioni strumentate il cui numero e la cui ubicazione sarà stabilito di volta in volta in accordo con la Direzione Lavori. In ogni caso dovranno essere previste almeno 4 sezioni strumentate.

Indicativamente la sezione strumentata superiore sarà ubicata esternamente al terreno in prossimità della testa del palo.

Qualora non fosse possibile realizzare la sezione strumentata di testa al di sopra del piano lavoro, dopo l'esecuzione del palo si procederà ad isolare il palo dal terreno circostante fino alla quota della sezione strumentata di testa, in questo caso la sezione strumentata di testa sarà posizionata il più vicino possibile al piano lavoro.

Le dimensioni geometriche di questa sezione strumentata dovranno essere accuratamente misurate prima delle prove.

Tale sezione consentirà di avere indicazioni sul modulo del calcestruzzo in corrispondenza dei vari gradini di carico e sarà di riferimento per il comportamento di tutte le altre.

Ogni sezione strumentata sarà costituita da almeno 3 estensimetri elettrici disposti su di una circonferenza, a circa 120° l'uno dall'altro.

Le celle estensimetriche saranno fissate all'armatura longitudinale e protette dal contatto diretto con il calcestruzzo.

Esse saranno corredate di rapporto di taratura rilasciato da un laboratorio ufficiale. Per ogni sezione strumentata si ammetteranno tolleranze non superiori a 10 cm rispetto alla quota teorica degli estensimetri elettrici.

La punta del palo verrà strumentata mediante una cella di carico costituita da estensimetri elettrici.

La sezione verrà ubicata alla distanza di circa 1 diametro dalla base del palo.

La misura degli spostamenti alla base del palo verrà realizzata con un estensimetro meccanico a base lunga. Esso misurerà le deformazioni relative tra la base e la testa del palo.

L'ancoraggio dello strumento sarà posizionato alla quota degli estensimetri elettrici e la misura sarà riportata in superficie mediante un'asta di acciaio rigida avente coefficiente di dilatazione termica comparabile con quello del calcestruzzo.

Sarà eliminato il contatto con il calcestruzzo circostante mediante una tubazione rigida di acciaio di circa 1" di diametro esterno.



Particolare cura sarà posta nel rendere minimo l'attrito tra asta interna e tubazione esterna utilizzando, ad esempio, distanziali di materiale antifrizione e altri sistemi analoghi, prestando attenzione ad usarne un numero sufficiente, ma non eccessivo.

Occorrerà garantire una perfetta tenuta tra l'ancoraggio ed il tubo esterno al fine di evitare intrusioni di calcestruzzo nell'intercapedine asta-tubo di protezione all'atto del getto.

Come per gli altri tipi di tubazione anche questa sarà portata sino in superficie a fuoriuscire dalla testa del palo a fianco della piastra di ripartizione.

In questo punto verranno installati dei trasduttori di spostamento lineari con fondo scala di circa 20÷30 mm e precisione dello 0,2% del fondo scala, per la misura in continuo degli spostamenti relativi fra il tubo di protezione (testa del palo) e l'ancoraggio solidale alla base del palo.

La testa di questo strumento andrà adeguatamente protetta contro avverse condizioni atmosferiche, contro urti meccanici accidentali e contro le variazioni di temperatura.

Gli estensimetri andranno fissati alle staffe dell'armatura e saranno dotati di barre di prolunga in acciaio da entrambi i lati non inferiori a 50 cm.

Gli strumenti saranno adeguatamente protetti da possibili urti del tubo getto con rinforzi e protezioni in acciaio da definirsi sul posto.

Tutti i cavi elettrici provenienti dagli estensimetri dovranno essere protetti dal diretto contatto meccanico con i ferri d'armatura.

Normalmente si farà in modo che le tubazioni da inserire nella gabbia siano simmetricamente disposte all'interno della sezione.

L'uscita dei cavi dalla testa del palo non dovrà costituire un ingombro alle operazioni successive.

Le modalità di installazione e protezione dei cavi saranno comunicate alla Direzione Lavori.

10.2.1.8 Preparazione ed esecuzione della prova

Si applicano integralmente le specifiche esposte in precedenza per i pali di grande diametro.

10.2.1.9 PROVE DI CARICO LATERALE

Queste prove dovranno essere effettuate nel caso in cui i pali di fondazione siano stati progettati per resistere a carichi orizzontali.

Il numero ed i pali da sottoporre a prova sarà definito dal progettista e/o concordato con la Direzione Lavori in base all'importanza dei carichi di progetto.

Nella esecuzione delle prove ci si atterrà alle prescrizioni già impartite per le prove di carico assiale, salvo quanto qui di seguito specificato.



Il contrasto sarà di norma ottenuto utilizzando un palo di caratteristiche geometriche analoghe, distante almeno 3 diametri.

Il martinetto sarà prolungato mediante una trave di opportuna rigidità.

Gli spostamenti saranno misurati su entrambi i pali. Si utilizzeranno per ciascun palo 2 coppie di comparatori centesimali fissati alla stessa quota; la prima coppia sarà disposta in posizione frontale rispetto alla direzione di carico; la seconda coppia sarà disposta in corrispondenza dell'asse trasversale alla direzione di carico.

Per la misura delle deformazioni durante la prova di carico, la Direzione Lavori indicherà i pali nei quali posizionare, prima del getto, dei tubi inclinometrici.

Si utilizzeranno tubi in alluminio a 4 scanalature, diametro $d = 81/76$ mm, resi solidali alla gabbia di armatura a mezzo di opportune legature.

Le misure saranno effettuate con una sonda inclinometrica perfettamente efficiente, di tipo bi-assiale, previo rilevamento delle torsioni iniziali del tubo-guida.

Se richiesto dalla Direzione Lavori anche i pali sottoposti a prove di carico laterale potranno avere sezioni strumentate con estensimetri elettrici a varie profondità.

10.2.1.10 PROVE DI PROGETTO SU PALI PILOTA

I pali di prova, eventualmente strumentati (per la determinazione del carico limite), saranno eseguiti a cura e spese dell'Impresa, con le stesse modalità di cui ai precedenti paragrafi, in numero pari all'**1%** del totale dei pali con un minimo di **1** palo per opera d'arte e comunque secondo le indicazioni del progettista e/o le prescrizioni del Direttore dei Lavori.

Le prove per la determinazione della resistenza del singolo palo (prove di progetto) devono essere eseguite su pali appositamente realizzati (pali pilota) identici, per geometria e tecnologia esecutiva, a quelli da realizzare. I pali di prova dovranno essere realizzati in corrispondenza dell'opera, e predisposti al di fuori della palificata ad una distanza tale da non interferire con l'area di influenza della stessa e ricadere nella medesima situazione geotecnica e/o stratigrafica della palificata in progetto.

L'intervallo di tempo intercorrente tra la costruzione del palo pilota e l'inizio della prova di carico deve essere sufficiente a garantire che il materiale di cui è costituito il palo sviluppi la resistenza richiesta e che le pressioni interstiziali nel terreno si riportino ai valori iniziali.

Se si esegue una sola prova di carico statica di progetto, questa deve essere ubicata dove le condizioni del terreno sono più sfavorevoli.

Le prove di progetto devono essere spinte fino a valori del carico assiale tali da portare a rottura il complesso palo-terreno o comunque tali da consentire di ricavare significativi diagrammi dei cedimenti della testa del palo in funzione dei carichi e dei tempi.



Il sistema di vincolo deve essere dimensionato per consentire un valore del carico di prova non inferiore a 2,5 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

La resistenza del complesso palo-terreno è assunta pari al valore del carico applicato corrispondente ad un cedimento della testa pari al 10% del diametro nel caso di pali di piccolo e medio diametro ($d < 80$ cm), non inferiori al 5% del diametro nel caso di pali di grande diametro ($d > 80$ cm).

Se tali valori di cedimento non sono raggiunti nel corso della prova, è possibile procedere all'estrapolazione della curva sperimentale a patto che essa evidenzi un comportamento del complesso palo-terreno marcatamente non lineare.

Per i pali di grande diametro si può ricorrere a prove statiche eseguite su pali aventi la stessa lunghezza dei pali da realizzare, ma diametro inferiore, purché tali prove siano adeguatamente motivate ed interpretate al fine di fornire indicazioni utili per i pali da realizzare. In ogni caso, la riduzione del diametro non può essere superiore al 50% ed il palo di prova deve essere opportunamente strumentato per consentire il rilievo separato delle curve di mobilitazione della resistenza laterale e della resistenza alla base.

Come prove di progetto possono essere eseguite prove dinamiche ad alto livello di deformazione, purché adeguatamente interpretate al fine di fornire indicazioni comparabili con quelle derivanti da una corrispondente prova di carico statica di progetto.

Tali pali dovranno essere eseguiti o posti in opera alla presenza della DL, cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i pali in progetto.

In ogni caso l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, all'esecuzione di tutte quelle prove di controllo non distruttive che saranno richieste dalla DL per eliminare gli eventuali dubbi sulla accettabilità delle modalità esecutive.

Nel caso in cui nel corso dei lavori l'Impresa proponga di variare la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente, la stessa Impresa provvederà, sempre a sua cura e spese, ad effettuare le prove precedentemente descritte che la Direzione Lavori riterrà opportuno ripetere.

Di tutte le prove e controlli eseguiti, l'Impresa si farà carico di presentare una relazione tecnica riportante le attività di prova, le metodologie adottate nonché i risultati delle prove stesse.

10.2.2 PROVE DI CARICO SU MICROPALI

10.2.2.1 PROVE DI CARICO ASSIALE

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista, in relazione alle finalità della prova stessa.



Di norma il massimo carico di prova P_{prova} sarà:

- $P_{prova} = 1,5 P_{esercizio}$
- $P_{prova} = P_{lim}$

ove con P_{lim} si indica la portata limite dell'insieme micropalo-terreno.

Il numero e l'ubicazione delle prove di verifica devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione. In ogni caso il numero delle prove non deve essere inferiore a quanto riportato per i pali di grande diametro. Tutte le prove saranno eseguite a cura e spese dell'Impresa.

10.2.2.2 Attrezzature e dispositivi di prova

Le attrezzature ed i dispositivi per l'applicazione e per la misura del carico, ed i dispositivi per la misura dei cedimenti saranno conformi alle specifiche esposte per i pali di grande diametro.

E' ammessa l'esecuzione di prove di carico a compressione mediante contrasto su micropali laterali, a condizione che:

- le armature tubolari e le eventuali giunzioni filettate dei micropali di contrasto siano in grado di resistere ai conseguenti sforzi di trazione;
- la terna di micropali sia giacente sullo stesso piano verticale o inclinato.

Nel caso di micropali inclinati dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare l'insorgere di carichi orizzontali e/o momenti flettenti dovuti ad eccentricità, che potrebbero influenzare i risultati della prova.

I risultati forniti dai micropali di contrasto potranno essere utilizzati quali valori relativi a prove di carico a trazione, se i carichi effettivamente applicati sono significativi a norma di quanto definito nel presente paragrafo.

I micropali prescelti saranno preparati mettendo a nudo il fusto per un tratto di ≈ 20 cm ed eliminando tutte le superfici di contatto e di attrito con eventuali plinti, solette, murature, etc..

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite 3 staffe metalliche, a 120° , per il posizionamento dei micrometri.

Si provvederà quindi a fissare sulla testa del micropalo una piastra metallica di geometria adeguata ad ospitare il martinetto, ed a trasferire il carico sul micropalo.

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 m dall'asse del micropalo.

L'altezza degli appoggi dovrà essere sufficiente a consentire il posizionamento del martinetto e del relativo centratore, e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti.



Tra il martinetto e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave di contrasto farà capo ad una coppia di micropali posti lateralmente al micropalo da sottoporre a prova di compressione.

10.2.2.3 Programma di carico

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alle finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede 3 cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

1° CICLO

a) Applicazione di "**n**" ($n \geq 4$) gradini di carico successivi, di entità pari a δP , fino a raggiungere il carico P_{ES} .

b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

- $t = 0$ (applicazione del carico)
- $t = 2'$
- $t = 4'$
- $t = 8'$
- $t = 15'$

si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore.

Il cedimento s è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ($\delta t = 15'$): $s \leq 0,025$ mm.

c) Per il livello corrispondente a P_{ES} il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 3 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a $t = 0$, $t = 5'$, $t = 10'$, $t = 15'$.

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a $t = 30'$, $t = 45'$ e $t = 60'$.

2° CICLO

- a) Applicazione rapida di un carico di entità $1/3 P_{ES}$
- b) Lettura dei cedimenti a $t = 0$, $1'$, $2'$, $4'$, $8'$, $15'$
- c) Scarico rapido e letture a $t = 0$ e $5'$
- d) Applicazione rapida di un carico di entità $2/3 P_{ES}$



- e) Lettura dei cedimenti come in "b"
- f) Scarico come in "c"
- g) Applicazione rapida di un carico di entità pari a P_{es}
- h) Lettura dei cedimenti come in "b"
- i) Scarico con letture a $t = 0, 5', 10', 15'$ e $30'$.

3° CICLO

- a) Applicazione di "m" ($m \geq 9$) gradini di carico δP fino a raggiungere il carico P_{prova} (o P_{lim}).
- b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al 1° ciclo, punto "b".
- c) Il carico P_{prova} , quando è $< P_{lim}$, sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini con misure a $t = 0, t = 5'$ e $t = 10'$ e $t = 15'$. A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a $t = 60'$.

Si considererà raggiunto il carico limite P_{lim} , e conseguentemente si interromperà la prova, allorché misurando il cedimento s risulterà verificata una delle seguenti condizioni:

- $s(P_{lim}) \geq 2 \cdot s(P_{lim} - \delta P)$
- $s(P_{lim}) \geq 0.2 d + s_{el}$

ove :

d = diametro del micropalo

s_{el} = cedimento elastico del micropalo.

10.2.2.4 Risultati delle prove

Le misure dei cedimenti saranno registrate con le stesse modalità indicate per i pali di grande diametro.



Anas S.p.A.
Via Monzambano, 10 - 00185 Roma
www.stradeanas.it



Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto **Parte 2**

IT.PRL.05.16 - Rev. 1.0

Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



SOMMARIO

1.	CONGLOMERATI CEMENTIZI.....	8
1.1.	Prescrizioni per la durabilità delle opere in calcestruzzo.....	11
1.2.	Tipologie e requisiti dei calcestruzzi a prestazione garantita.....	13
1.2.1.	Calcestruzzi speciali.....	16
2.	ACCIAI.....	21
2.1.	Caratteristiche tecniche.....	23
3.	CASSEFORME.....	25
3.1.	Caratteristiche tecniche.....	26
4.	MALTE E CALCESTRUZZI DA RIPRISTINO STRUTTURALE E PROTEZIONE.....	27
4.1.	Caratteristiche tecniche.....	27
5.	ACCETTAZIONE E CONTROLLI.....	29
5.1.	Controllo delle certificazioni per materie prime e prodotti.....	29
5.2.	Prequalifica e qualifica.....	30
5.2.1.	Prequalifica e qualifica dei conglomerati cementizi.....	30
5.2.1.1.	Calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato.....	30
5.2.1.2.	Calcestruzzo prodotto con processo industrializzato.....	33
5.2.1.3.	Qualifica dei calcestruzzi speciali.....	35
5.2.2.	Qualifica delle malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione.....	38
5.2.3.	Qualifica degli acciai.....	39
5.2.3.1.	Acciaio per c.a.....	40
5.2.3.2.	Acciaio per c.a.p.....	41
5.3.	Controlli in corso d'opera.....	41
5.3.1.	Controlli in corso d'opera sui conglomerati cementizi.....	41
5.3.1.1.	Controlli di accettazione sui conglomerati cementizi.....	42
5.3.1.2.	Controllo della resistenza del calcestruzzo messo in opera.....	45
5.3.1.3.	Controlli aggiuntivi sui calcestruzzi speciali.....	47
5.3.2.	Controlli sulle malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione.....	48
5.3.3.	Controlli sugli acciai.....	49
5.4.	Laboratori accreditati e autorizzati.....	51
6.	MODALITÀ DI ESECUZIONE.....	52



6.1.	Confezionamento dei conglomerati cementizi	52
6.2.	Trasporto dei conglomerati cementizi.....	53
6.3.	Posa in opera dei conglomerati cementizi.....	54
6.3.1.	Operazioni preliminari	54
6.3.2.	Getto del calcestruzzo	55
6.3.3.	Posa in opera in climi freddi.....	58
6.3.4.	Posa in opera in climi caldi	59
6.3.5.	Riprese di getto	60
6.3.5.1.	<i>Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo fresco</i>	<i>60</i>
6.3.5.2.	<i>Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito.....</i>	<i>61</i>
6.4.	Casseforme.....	61
6.4.1.	Pulizia e trattamento delle casseforme	62
6.4.2.	Predisposizione di fori, tracce e cavità.....	62
6.5.	Stagionatura e disarmo.....	62
6.5.1.	Prevenzione delle fessure da ritiro plastico sulle superfici non casserate.....	63
6.5.2.	Rimozione dei casseri e maturazione umida	64
6.5.3.	Maturazione accelerata con trattamenti termici.....	65
6.5.4.	Regolarità delle superfici casserate	66
6.6.	Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio.....	67
6.7.	Armature per c.a.....	68
6.8.	Armature di precompressione	70
6.8.1.	Fili, barre e trefoli	70
6.8.2.	Tesatura delle armature di precompressione	71
6.8.3.	Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. nuove	71
6.8.3.1.	<i>Misura della fluidità con il cono di Marsh</i>	<i>73</i>
6.8.4.	Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. esistenti.....	74
6.8.4.1.	<i>Requisiti comuni</i>	<i>75</i>
6.8.4.2.	<i>Sistemi epossidici.....</i>	<i>75</i>
6.8.4.3.	<i>Boiacche cementizie</i>	<i>76</i>
6.8.5.	Modalità di iniezione	76
6.8.5.1.	<i>Iniezioni tradizionali.....</i>	<i>76</i>
6.8.5.2.	<i>Iniezioni sottovuoto.....</i>	<i>78</i>
6.8.6.	Prove	78



6.9.	Malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione	78
6.10.	Tolleranze di esecuzione	79
7.	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE.....	80
7.1.	Norme generali	80
7.2.	Criteri di misura.....	81
7.2.1.	Conglomerati cementizi.....	82
7.2.2.	Casseforme	83
7.2.3.	Acciaio per c.a. e c.a.p.....	84
8.	NON CONFORMITÀ E SANZIONI.....	85
8.1.	Conglomerati cementizi.....	85
8.2.	Acciaio per c.a. e c.a.p.	88
9.	COLLAUDO	88
10.	MANUTENZIONE	89
10.1.	Contenuti ed articolazione del Piano di Manutenzione.....	89
11.	NORMATIVE E RIFERIMENTI.....	90
11.1.	Leggi e normative sugli aspetti strutturali.....	90
11.2.	Leggi e normative inerenti il rilascio della Marcatura CE.....	91
12.	APPENDICE	95
12.1.	Caratteristiche dei materiali costituenti i conglomerati cementizi.....	95
12.1.1.	Cemento.....	95
12.1.1.1.	Considerazioni generali.....	95
12.1.1.2.	Controlli sul cemento.....	96
12.1.2.	Aggiunte minerali	97
12.1.2.1.	Considerazioni generali.....	97
12.1.2.2.	Ceneri volanti.....	98
12.1.2.3.	Fumo di silice.....	100
12.1.2.4.	Loppa d'altoforno macinata	101
12.1.2.5.	Altri tipi di aggiunta minerale ad attività pozzolanica	101
12.1.3.	Aggregati	101
12.1.4.	Acqua di impasto	102
12.1.5.	Additivi	103



12.1.6.	Agenti espansivi non metallici.....	104
12.2.	Fibre.....	105
12.2.1.	Fibre per uso strutturale.....	105
12.2.1.1.	<i>Caratteristiche tecniche.....</i>	<i>105</i>
12.3.	Caratteristiche dei conglomerati cementizi.....	106
12.3.1.	Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati.....	106
12.3.2.	Lavorabilità.....	107
12.3.3.	Rapporto acqua/cemento.....	108
12.3.4.	Massa volumica.....	110
12.3.5.	Contenuto di aria.....	110
12.3.6.	Acqua di bleeding.....	111
12.3.7.	Misura della temperatura del calcestruzzo al getto.....	111
12.3.8.	Contenuto di cloruri nel calcestruzzo.....	111
12.3.9.	Grado di compattazione.....	111
12.3.10.	Tempo di presa.....	112
12.3.11.	Requisiti aggiuntivi.....	112
12.3.11.1.	<i>Resistenza a trazione indiretta.....</i>	<i>112</i>
12.3.11.2.	<i>Resistenza a flessione.....</i>	<i>112</i>
12.3.11.3.	<i>Modulo elastico statico e dinamico.....</i>	<i>113</i>
12.3.11.4.	<i>Deformazione viscosa.....</i>	<i>113</i>
12.3.11.5.	<i>Ritiro idraulico libero.....</i>	<i>114</i>
12.3.11.6.	<i>Espansione contrastata.....</i>	<i>114</i>
12.3.11.7.	<i>Permeabilità all'acqua.....</i>	<i>114</i>
12.3.11.8.	<i>Gradiente e ritiro termico.....</i>	<i>115</i>
12.4.	Specificazione dei calcestruzzi proiettati.....	116
12.5.	Acciaio per c.a.: zincatura a caldo per immersione.....	117
13.	ALLEGATI.....	119
13.1.	ALLEGATO 1: CONTROLLI SUL CEMENTO.....	120
13.2.	ALLEGATO 2: CONTROLLI SULLE CENERI VOLANTI.....	121
13.3.	ALLEGATO 3: CONTROLLI SUL FUMO DI SILICE.....	124
13.4.	ALLEGATO 4: CONTROLLI SU LOPPA D'ALTOFORNO GRANULATA MACINATA.....	125
13.5.	ALLEGATO 5: CONTROLLI SUGLI AGGREGATI PER CALCESTRUZZO.....	126
13.6.	ALLEGATO 6: CONTROLLI SU ACQUA D'IMPASTO PER CALCESTRUZZO.....	129
13.7.	ALLEGATO 7: CONTROLLI SU ADDITIVI ED AGENTI ESPANSIVI.....	131



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

13.8.	ALLEGATO 8: CONTROLLI SULLE FIBRE	133
13.9.	ALLEGATO 9: CONTROLLI SULLE MISCELE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO	136
13.10.	ALLEGATO 10	142



1 **PREMESSA**

Le prescrizioni contenute nel presente Capitolato Speciale di Appalto si applicano ai conglomerati cementizi per usi strutturali e non, armati e non, per opere in cemento armato normale e precompresso, anche fibro-rinforzati, per la realizzazione di strutture gettate in opera o prefabbricate sia all'aperto che in sottoterraneo.

Il presente Capitolato Speciale di Appalto specifica inoltre i requisiti, le caratteristiche prestazionali, le modalità di accettazione e di controllo dei calcestruzzi e degli acciai per la realizzazione delle opere in CA e CAP lungo le infrastrutture stradali della rete di competenza ANAS S.p.A.

Soluzioni alternative o innovative, sono considerate ammissibili solo quando sia dimostrabile e garantibile la parità o la superiorità ai requisiti prestazionali oltre specificati e/o la convenienza economica per ANAS, nell'adozione del sistema innovativo.

2 **CONGLOMERATI CEMENTIZI**

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

Conglomerati cementizi per opere all'aperto:

- B.03.025 CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER MAGRONE E/O OPERE DI SOTTOFONDAZIONE
 - B.03.025.a - CON CEMENTO: 150 kg/mc
 - B.03.025.b - CON CEMENTO: 200 kg/mc
 - B.03.025.c - CON CEMENTO: 250 kg/mc
 - B.03.025.d - CON CEMENTO: 300 kg/mc
 - B.03.025.e - CON CEMENTO: 350 kg/mc
- B.03.030 CALCESTRUZZO NON STRUTTURALE
 - B.03.030.a - CLASSE DI RESISTENZA C20/25 ($R_{CK} \geq 25$ N/mm²)
 - B.03.030.b - CLASSE DI RESISTENZA C25/30 ($R_{CK} \geq 30$ N/mm²)
- B.03.031 CALCESTRUZZI STRUTTURALI PER OPERE DI FONDAZIONE IN C.A. O C.A.P.
 - B.03.031.a - CLASSE DI RESISTENZA C25/30 ($R_{CK} \geq 30$ N/mm²)
 - B.03.031.b - CLASSE DI RESISTENZA C28/35 ($R_{CK} \geq 35$ N/mm²)
 - B.03.031.c - CLASSE DI RESISTENZA C32/40 ($R_{CK} \geq 40$ N/mm²)



- B.03.031.d - CLASSE DI RESISTENZA C35/45 ($R_{CK} \geq 45$ N/mm²)
- B.03.035 CALCESTRUZZI STRUTTURALI PER OPERE IN ELEVAZIONE VERTICALI O ORIZZONTALI IN C.A. O C.A.P.
 - B.03.035.a - CLASSE DI RESISTENZA C25/30 ($R_{CK} \geq 30$ N/mm²)
 - B.03.035.b - CLASSE DI RESISTENZA C28/35 ($R_{CK} \geq 35$ N/mm²)
 - B.03.035.c - CLASSE DI RESISTENZA C32/40 ($R_{CK} \geq 40$ N/mm²)
 - B.03.035.d - CLASSE DI RESISTENZA C35/45 ($R_{CK} \geq 45$ N/mm²)
- B.03.040 CALCESTRUZZI STRUTTURALI PER OPERE IN C.A. O C.A.P. O PER ELEMENTI PREFABBRICATI
 - B.03.040.a - CLASSE DI RESISTENZA C40/50 ($R_{CK} \geq 50$ N/mm²)
 - B.03.040.b - CLASSE DI RESISTENZA C45/55 ($R_{CK} \geq 55$ N/mm²)
- B.03.045 SOVRAPPREZZO PERCENTUALE PER CALCESTRUZZO A PRESTAZIONE GARANTITA
 - B.03.045.a - PER CLASSE CONSISTENZA S5
 - B.03.045.b - PER AUTOCOMPATTANTI SCC
 - B.03.045.c - PER IMPIEGO CEMENTO RESISTENTE AI SOLFATI
 - B.03.045.d - PER IMPIEGO CEMENTO A BASSO CALORE DI IDRATAZIONE
 - B.03.045.e - PER CALCESTRUZZO A RITIRO COMPENSATO
- B.03.065 SOVRAPPREZZO PERCENTUALE PER GETTI DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO, DI CUI AI PRECEDENTI ARTICOLI
 - B.03.065.a - PER QUANTITATIVI UGUALI O INFERIORI A MC 2,00
 - B.03.065.b - PER QUANTITATIVI SUPERIORE A MC 2,00 ED INFERIORE A MC 5,00
- B.03.070 ADDITIVO PER CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER OGNI KG DI ADDITIVO

Conglomerati cementizi spruzzati per opere all'aperto:

- B.06.001 MURATURA DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO SPRUZZATO CONTENUTO MINIMO DI CEMENTO 200 KG/MC CLASSE C16/20 ($R_{ck} \Rightarrow 20$ N/mm²)
 - B.06.001.a - PER OGNI MC
 - B.06.001.b - PER RIVESTIMENTO DI CM 5
 - B.06.001.c - PER RIVESTIMENTO DI CM 10
 - B.06.001.d - PER RIVESTIMENTO DI CM 20
 - B.06.001.e - PER RIVESTIMENTO DI CM 25



- B.06.002 RIVESTIMENTI CON CALCESTRUZZO SPRUZZATO ALL'APERTO CLASSE 25/30 (RCK 30 N/mm²) IN OPERA
 - B.06.002.a - RIVESTIMENTO DI CM 5 SFRIDO 20%
 - B.06.002.b - RIVESTIMENTO DI CM 10 SFRIDO 20%
 - B.06.002.c - RIVESTIMENTO DI CM 15 SFRIDO 20%
 - B.06.002.d - RIVESTIMENTO DI CM 20 SFRIDO 20%
- B.06.004 RIVESTIMENTI CON CALCESTRUZZO SPRUZZATO ALL'APERTO CLASSE 28/35 (RCK 35 N/mm²) IN OPERA
 - B.06.004.a - PER OGNI MC SFRIDO 20%
 - B.06.004.b - RIVESTIMENTO DI CM 5 SFRIDO 20%
 - B.06.004.c - RIVESTIMENTO DI CM 10 SFRIDO 20%
 - B.06.004.d - RIVESTIMENTO DI CM 15 SFRIDO 20%
 - B.06.004.e - RIVESTIMENTO DI CM 20 SFRIDO 20%
- B.08.030 REGOLARIZZAZIONE DI PARATIE DI PALI CON SPRITZBETON E RETE

Conglomerati cementizi per opere in sotterraneo:

- C.02.001.1 CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER RIVESTIMENTO IN SOTTERRANEO
 - C.02.001.1.a - TIPO RCK \geq 30 N/MMQ PER CALOTTA E PIEDRITTI
 - C.02.001.1.b - TIPO RCK \geq 30 N/MMQ PER POZZI PROFONDITÀ < 50 M
 - C.02.001.1.c - TIPO RCK \geq 30 N/MMQ PER ARCO ROVESCIO
 - C.02.001.1.d - TIPO RCK \geq 35 N/mm² PER CALOTTA O PIEDRITTI
 - C.02.001.1.e - TIPO RCK \geq 35 N/mm² PER POZZI A PROFONDITÀ < 50 M
 - C.02.001.1.f - TIPO RCK \geq 35 N/mm² PER GETTI DI ARCO ROVESCIO
 - C.02.002 MAGGIORAZIONE PER GETTO RIVESTIMENTO IN POZZI
 - C.02.002.a - TIPO RCK \geq 35 N/MMQ PER POZZI PROFONDITÀ DA 50 A 100 M
 - C.02.002.b - TIPO RCK \geq 35 N/MMQ PER POZZI PROFONDITÀ OLTRE I 100 M

Conglomerati cementizi spruzzati per opere in sotterraneo:

- C.02.011 CALCESTRUZZO SPRUZZATO RCK 35 N/mm²
 - C.02.011.1 PER RIVESTIMENTO FRONTE SCAVO
 - C.02.011.2 PER RIVESTIMENTO CUNICOLO
 - C.02.011.3 PER RIVESTIMENTO GALLERIE
 - C.02.011.3.a - rivestimento di cm 5



- C.02.011.3.b- rivestimento di cm 10
- C.02.011.3.c - rivestimento di cm 15
- C.02.011.3.d- rivestimento di cm 20
- C.02.011.4 PER RIVESTIMENTO POZZI
- C.02.011.4.a- rivestimento per cm 5
- C.02.011.4.b- rivestimento per cm 10
- C.02.011.4.c - rivestimento per cm 20
- C.02.011.4.d- rivestimento per cm 30

2.1 Prescrizioni per la durabilità delle opere in calcestruzzo

Secondo il D.M. 14/01/2008, la **durabilità delle opere in calcestruzzo** è la capacità di mantenere entro limiti accettabili per le esigenze di esercizio i valori delle caratteristiche fisico-meccaniche e funzionali in presenza di cause di degradazione, per tutta la vita nominale prevista in progetto.

Le **cause di degradazione** più frequenti sono i fenomeni di corrosione delle armature, i cicli di gelo-disgelo, l'attacco di acque aggressive di varia natura e la presenza di solfati.

Secondo quanto previsto nel § 11.2.11 del D.M. 14/01/2008, il progettista, valutate opportunamente le condizioni ambientali di impiego dei calcestruzzi, deve fissare le prescrizioni in termini di caratteristiche del calcestruzzo da impiegare, di valori del copriferro e di regole di maturazione dei getti.

Al fine di soddisfare le richieste di durabilità in funzione delle condizioni ambientali, occorrerà fare riferimento alle norme UNI EN 206 ed UNI 11104 e, in particolare, alle classi di esposizione riportate nel prospetto 1 della EN 206/1 ed ai valori limite per la composizione e per le prestazioni riportate nel prospetto 4 della UNI 11104 (vedi successivo par. 2.2).

Inoltre, ai fini di preservare le armature metalliche da qualsiasi fenomeno di aggressione ambientale, lo spessore di **copriferro** da prevedere in progetto, cioè la misura tra la parete interna del cassero e la parte più esterna della circonferenza della barra più vicina, dovrà rispettare allo stesso tempo le indicazioni della UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) al § 4.4.1 ed al § C4.1.6.1.3 della Circolare esplicativa 617, garantire l'aderenza e la trasmissione degli sforzi tra acciaio e calcestruzzo e, se del caso, assicurare la resistenza al fuoco della struttura o dei singoli elementi interessati.

Con specifico riferimento agli spessori minimi di copriferro in funzione della classe di esposizione indicati nella UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2), si ricorda che i valori a garanzia di una durabilità di 50 anni sono quelli corrispondenti alla classe strutturale S4 dei prospetti 4.4N e 4.5N.



Nel caso la durabilità voglia essere aumentata, ad esempio fino a 100 anni, si dovrà considerare la classe strutturale S5, con un incremento di 10 mm di copriferro, ovvero si dovrà incrementare la classe di resistenza del calcestruzzo, secondo quanto indicato al prospetto 4.3N della stessa norma.

Analoghe indicazioni sono contenute anche nel § C4.1.6.1.3 della Circolare esplicativa 617.

In caso di **formazioni di fessure nel copriferro**, la massima apertura superficiale ammessa senza dover ricorrere alle operazioni di ripristino, sarà funzione della classe di esposizione della struttura.

Salvo diversa indicazione del progettista, potranno prendersi come riferimento i limiti riportati al §4.1.2.2.4 del D.M. 14-01-2013, incrementati di 0,1 mm per tener conto che essi si riferiscono al valore dell'apertura della fessura in corrispondenza dell'armatura e non in superficie:

per **armature poco sensibili** (acciai per c.a. non precompresso, inossidabili, zincati o rivestiti con specifici prodotti tipo UNI EN 1504-7):

< 0,4 + 0,1 mm: per classi di esposizione X0, XC1, XC2, XC3, XF1;

< 0,3 + 0,1 mm: per classi di esposizione XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3;

< 0,2 + 0,1 mm per classi di esposizione XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4;

per **armature sensibili**, ovvero acciai per c.a.p.:

< 0,3 + 0,1 mm: per classi di esposizione X0, XC1, XC2, XC3, XF1;

< 0,2 + 0,1 mm: per classi di esposizione XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3;

< 0 + 0,1 mm: per classi di esposizione XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4.

Qualora si rilevino in superficie fessure di apertura superiori ai limiti sopra indicati, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura a:

per aperture < 0,1 mm: nessun intervento;

per aperture superiori a 0,1 mm ma < 0,4 mm: rivestimenti impermeabili ad acqua e CO₂ conformi a UNI EN 1504/2;

per aperture > 0,4 mm: sigillatura delle fessure mediante prodotti da iniezione conformi a UNI EN 1504-5 ed eventuali rivestimenti impermeabili ad acqua e CO₂ conformi a UNI EN 1504/2.



NOTA Nei **casi di danni più severi o per particolari criticità della struttura**, eventuali interventi di demolizione e rifacimento delle strutture danneggiate potranno essere disposti dalla Direzione Lavori dopo opportuno approfondimento di indagini sullo stato fessurativo della struttura.

Le suddette prescrizioni saranno applicate anche a tutti gli elementi prefabbricati e/o precompressi.

2.2 Tipologie e requisiti dei calcestruzzi a prestazione garantita

Le materie prime utilizzate devono rispondere ai requisiti del § 11 del DM 14-01-2008 e saranno caratterizzate secondo quanto riportato in Appendice 14.

I **conglomerati cementizi** sono confezionati a prestazione garantita forniti a piè d'opera, con classi di esposizione indicati negli elaborati progettuali secondo norma UNI EN 206 e UNI 11104 in conformità al D.M. 14/01/2008 per qualsiasi classe di resistenza e confezionati a norma di legge anche se debolmente armati (fino ad un massimo di 30 kg per m³) confezionati con cemento, inerti acqua ed eventuale aggiunta di additivi, aggiunte minerali e fibre.

Si farà riferimento alle **classi di resistenza**, così come definite al § 4.1 delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008 (Tabella 1).

In particolare, relativamente alla **resistenza caratteristica convenzionale a compressione**, il calcestruzzo verrà individuato mediante la simbologia **C(X/Y)**, dove:

- **X** è la resistenza caratteristica a compressione misurata su **provini cilindrici** (f_{ck}), con rapporto altezza/diametro pari a 2;
- **Y** è la resistenza caratteristica a compressione valutata su **provini cubici** di lato 150 mm (R_{ck}).

Tabella 1 **Classi di resistenza**

C8/10	C25/30	C40/50	C60/75
C12/15	C28/35	C45/55	C70/85



C16/20	C32/40	C50/60	C80/95
C20/25	C35/45	C55/67	C90/105

Nella Tabella 2, sono indicate le tipologie di conglomerato a "prestazione garantita" in conformità ai requisiti di durabilità indicati nella UNI EN 206 e nella UNI 11104.

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo possieda, al momento della consegna in cantiere, la **lavorabilità** prescritta in progetto e riportata per ogni specifica tipologia di conglomerato nella Tabella 2.

Per quanto riguarda gli altri parametri per la caratterizzazione del calcestruzzo allo stato fresco ed indurito si rimanda a quanto indicato nel § 13.2.

Tabella 2 Tipologie di conglomerati cementizi a prestazione garantita e relativi campi di impiego.

Tipo	Classi esposizione ambientale	Classe resistenza minima C (X/Y)	Rapporto a/c max	Contenuto minimo di cemento ** [kg/m ³]	Contenuto di aria in % UNI EN 12350/7	D _{max} *** mm	Classe di consistenza min. UNI EN 12350/2 ***	Tipo di cemento **** (se necessario)	Classe contenuto in cloruri
I									
I-A	XC2	C (25/30)	0.60	300	≤ 2,5%	32	S4-S5	In caso di grandi spessori* : LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	Cl 0.4
I-B	XA1	C (28/35)	0.55	320	≤ 2,5%	32	S4-S5	In caso di grandi spessori* LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	Cl 0.4
I-C	XA2	C (32/40)	0.50	340	≤ 2,5%	32	S4-S5	SR (Sulphate Resistant) e in caso di grandi spessori* anche LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	Cl 0.4



I-D	XA3	C (35/45)	0.45	360	$\leq 2,5\%$	32	S4-S5	SR (Sulphate Resistant) e in caso di grandi spessori* anche LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	CI 0.4
II									
II-A	XC4 XS1	C (32/40)	0.50	340	$\leq 2,5\%$	32	S4-S5		CI 0.4 (CI 0,2 se in XS1)
II-B	XF4	C (28/35)	0.45	360	8 \pm 1 % per $D_{max} \leq 10mm$ 6 \pm 1 % per $D_{max} = 10-20mm$ 5 \pm 1 % per $D_{max} \geq 20mm$	32	S4-S5		CI 0.2
III									
III-A	XC4 XS1	C (32/40)	0.50	340	$\leq 2,5\%$	32	S4-S5	In caso di grandi spessori* LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	CI 0.4 (CI 0,2 se in XS1)
III-B	XF2	C (25/30)	0,50	340	8 \pm 1 % per $D_{max} \leq 10mm$ 6 \pm 1 % per $D_{max} = 10-20mm$ 5 \pm 1 % per $D_{max} \geq 20mm$	32	S4-S5	In caso di grandi spessori* LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	CI 0.2
IV									
IV-A	XC4	C (32/40)	0.50	340	$\leq 2,5\%$	32	S4-S5		CI 0.4
IV-B	XF2	C(25/30)	0.50	340	8 \pm 1 % per $D_{max} \leq 10mm$ 6 \pm 1 % per $D_{max} = 10-20mm$ 5 \pm 1 % per $D_{max} \geq 20mm$	32	S4-S5		CI 0.2
V									
V-A	X0	C (20/25)	0.65	260	---	32	S4		CI 0.4
V-B	XF2	C(25/30)	0.50	340	8 \pm 1 % per $D_{max} \leq 10mm$ 6 \pm 1 % per $D_{max} = 10-20mm$ 5 \pm 1 % per $D_{max} \geq 20mm$	32	S4		CI 0.2

NOTE alla Tabella 2

(*) Per la classificazione delle opere di grande spessore, vedi appresso "calcestruzzi per getti massivi".

(**) Come previsto al § 5 della UNI 11104, nel caso di calcestruzzi destinati ad opere massive o di calcestruzzi speciali i requisiti di composizione e prestazione devono essere verificati e riconsiderati nei riguardi sia delle classi di esposizione che di specifici criteri di durabilità (es. minimizzazione dosaggio cemento per ridurre rischio fessurazione per calore di idratazione o ritiro igrometrico). In tal caso, eventuali deroghe (es. dosaggi di cemento inferiori ai minimi indicati nella Tabella 2, raggiungimento della R_{ck} a stagionature più lunghe rispetto ai 28 giorni)



possono essere concesse in fase di prequalifica e qualifica delle miscele mediante preventiva definizione e successivo controllo delle caratteristiche prestazionali da capitolato che devono comunque essere raggiunte.

(***) Il Diametro massimo ed i valori della consistenza possono essere indicati diversamente a discrezione del Progettista, sulla base della geometria degli elementi strutturali, della loro posizione, della densità d'armatura e delle modalità esecutive. Per quanto riguarda il D_{max} , in assenza di altra indicazione, si terranno presenti le seguenti limitazioni:

- $D_{max} < \text{copri ferro};$
- $D_{max} < \text{interfero minimo} - 5 \text{ mm};$
- $D_{max} < \frac{1}{4} \text{ della sezione minima della struttura.}$

(****) Si veda paragrafo 14.1.1.1 relativo alla scelta dei cementi raccomandabili in caso di esposizione ad aggressione da parte di cloruri o rischio di alcali reattività.

NOTA Resta inteso che le indicazioni del Progettista, qualora differenti, sono comunque vincolanti, se più restrittive di quelle ivi indicate; ad esempio, potranno essere prescritti i seguenti **requisiti aggiuntivi** (Tabella 3) definiti e misurabili secondo quanto riportato al paragrafo 13.3.11.

Tabella 3: **Requisiti aggiuntivi raccomandate in funzione della tipologia di calcestruzzo.**

Tipo	Campi di impiego	Resistenza a trazione indiretta	Resistenza a Flessione	Modulo elastico	Deform.ne viscosa	Ritiro igrometrico libero	Espansione contrastata	Permeabilità all'acqua	Gradiente termico
I	Strutture di fondazione							X	Se di grande spessore X
II	Strutture orizzontali principali	X	X			X	X		Se di grande spessore X
III	Strutture verticali principali			X	X				Se di grande spessore X
IV	Strutture verticali ed orizzontali secondarie							Per tombini scatolari X	
V	Elementi non strutturali vari							X	

2.2.1 Calcestruzzi speciali

Per quanto concerne i **calcestruzzi speciali** si individuano:



a) i **calcestruzzi per getti massivi**: laddove per opera "massiva" si intende qualunque volume di calcestruzzo con dimensioni tali da richiedere misure preventive per far fronte alla cospicua generazione di calore dovuta all'idratazione del cemento e alle conseguenti fessurazioni dovute cambiamento di volume, sia in fase di riscaldamento che di raffreddamento del getto. Impiegabili sia per le strutture di fondazione che per quelle in elevazione:

- quando la struttura di fondazione (platea, plinto o trave di fondazione) ha uno spessore superiore a 150 cm;
- quando le strutture o parti di struttura in elevazione (pilastri, pile, muri o setti verticali) hanno spessore o diametro superiore a 80 cm ed altezza superiore a 400 cm.
- Il contenuto minimo di cemento dovrà essere adeguatamente stabilito in modo tale che durante il raffreddamento del conglomerato, dopo la rimozione dei casseri, siano soddisfatte le condizioni di cui al successivo par. 13.3.11.8. "Gradiente e ritiro termico".
- Una prima stima del dosaggio di cemento utilizzabile può essere effettuata imponendo che il riscaldamento del calcestruzzo del nucleo, ipotizzato in condizioni adiabatiche, non superi dopo 3 giorni i 35°C. Dovrà risultare:
- $$\delta T_{3gg} = \frac{c \times q_3}{m \times \rho}$$
- dove:
- $\delta T_{3gg} = 35^\circ\text{C}$;
- c = dosaggio di cemento e di eventuali aggiunte di tipo II (kg/m^3) il cui contributo al calore di idratazione nei primi giorni di maturazione non possa considerarsi trascurabile;
- q_3 = calore di idratazione unitario del cemento (kJ/kg) a 3 giorni di maturazione (dato fornito dal produttore di cemento);
- m = peso specifico del calcestruzzo (kg/m^3);
- ρ = calore specifico del calcestruzzo (mediamente pari a $1 \text{ kJ}/\text{kg } ^\circ\text{C}$)
- I cementi con i valori di q_3 più bassi sono classificati nella UNI EN 197-1 e vengono contraddistinti dalla sigla "LH" (Low Heat).



- Si ricorda che, come previsto al § 5 della UNI 11104, nel caso di calcestruzzi destinati ad opere massive, i requisiti di composizione, quali la minimizzazione del dosaggio cemento (per ridurre rischio fessurazione per calore) e la prestazione, devono essere verificati e riconsiderati nei riguardi sia delle classi di esposizione che di specifici criteri di durabilità di idratazione o ritiro igrometrico.
- In tal caso, potranno quindi essere concordate con il progettista e la Direzione lavori eventuali deroghe per dosaggi di cemento inferiori ai minimi indicati nella Tabella 2 precedentemente riportata e nel raggiungimento della R_{ck} a stagionature più lunghe rispetto ai 28 giorni, da verificare in fase di prequalifica e qualifica delle miscele.

b) i calcestruzzi a ritiro compensato: che saranno confezionati utilizzando agenti espansivi di tipo non metallico di cui al successivo § 13.1.6. "Agenti espansivi non metallici", generalmente con dosaggi variabili tra i 20 ed i 40 kg/m³.

Ulteriori specifiche sono riportate ai § 6.2.1.3 e § 6.3.1.3

c) i calcestruzzi fibro-rinforzati: addizionati con fibre in polipropilene, PVA o acciaio con i seguenti scopi:

- miglioramento del comportamento a trazione;
- miglioramento del comportamento a trazione per flessione;
- capacità di assorbire energia in fase post fessurativa;
- aumento della capacità di assorbire variazioni termiche;
- aumento della resistenza ad azioni cicliche (fatica);
- prevenzione della fessurazione da ritiro idraulico.

Per la progettazione delle strutture in calcestruzzo fibro-rinforzato si farà riferimento alle indicazioni riportate nel DT 204/2006: "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo Fibro-rinforzato". Il contenuto in peso delle fibre è determinato dalle esigenze progettuali e se ne deve tenere conto in fase di messa a punto della miscela, per controllare le eventuali variazioni di comportamento del calcestruzzo allo stato fresco ed indurito.

Ulteriori specifiche sono riportate ai § 6.2.1.3 e § 6.3.1.3



d) i **calcestruzzi leggeri per uso strutturale e non**: sono confezionati con aggregati leggeri minerali artificiali o naturali, con classi di massa volumica secca (tra 800 e 2.000 kg/m³) e di resistenza a compressione (da LC8/9 e LC80/88). Si farà riferimento a quanto indicato al § 4.1.12 delle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008, con classi di resistenza ammesse da LC20/22 a LC55/60 e tipo di impiego secondo quanto riportato nella seguente Tabella 4, valida anche per i calcestruzzi di peso normale (minimo C16/20 > 20MPa per strutture armate; minimo C28/35 per strutture armate precomprese);

Tabella 4 **Impiego delle diverse classi di resistenza** (rif. Tabella 4.1.II delle NTC)

STRUTTURE DI DESTINAZIONE	CLASSE DI RESISTENZA MINIMA
Per strutture non armate o a bassa percentuale di armatura (§ 4.1.11 NTC)	C8/10
Per strutture semplicemente armate	C16/20
Per strutture precomprese	C28/35

e) i **calcestruzzi proiettati**: posti in opera mediante spruzzo, attraverso una lancia ad aria compressa, contro una superficie di applicazione (supporto), in uno o più strati, in modo da realizzare riporti su elementi costruttivi esistenti o interi elementi bidimensionali (volte, rivestimenti di scarpate, ripristini corticali, ecc.) armati o non armati, senza impiego di cassature. Per i calcestruzzi proiettati la produzione, la messa in opera ed il controllo sono regolati dalle norme UNI EN 14487-1 e UNI EN 14487-2, cui l'Impresa dovrà fare riferimento per quanto non espressamente indicato nel presente Capitolato. In conformità a quanto riportato al § 4 della UNI EN 14487-1, i calcestruzzi proiettati vengono classificati in funzione dei seguenti parametri:

- consistenza della miscela umida (UNI EN 14487-1 § 4.1);
- classe di esposizione (UNI EN 14487-1 § 4.2);
- velocità di sviluppo delle prestazioni meccaniche nel calcestruzzo giovane (UNI EN 14487-1 § 4.3);
- classe di resistenza (UNI EN 14487-1 § 4.4)



I **calcestruzzi proiettati fibrorinforzati**, inoltre, vengono classificati in base ai seguenti parametri:

- classe di resistenza residua (UNI EN 14487-1 § 4.5.2);
- capacità di assorbimento di energia ((UNI EN 14487-1 § 4.5.3)

Gli **additivi per la proiezione**, che sono delle sostanze, liquide e solide, aggiunte alla miscela base, per consentirne la proiezione e la posa in opera senza centine e cassetture, si distinguono in:

- acceleranti di presa e additivi acceleranti di presa non alcalini;
- regolatori di consistenza;
- miglioratori dell'aderenza.

Essi devono risultare conformi alla UNI EN 934-5

Per quanto riguarda i **requisiti compositivi ed i limiti di dosaggio** degli **additivi**, in aggiunta a quanto riportato nella UNI EN 934-5, valgono le seguenti limitazioni:

- 1) contenuto di solfati (espressi come SO_3) $\leq 1\%$;
- 2) per acceleranti a base di silicati di sodio:
 - rapporto in peso $SiO_2 / Na_2O \geq 3,4$;
 - contenuto di cloruri $< 0,1\%$;
 - $pH \leq 11,5$;
- 3) per conglomerati proiettati esposti ad attacco solfatico:
 - contenuto di alluminati (espressi come Al_2O_3) $\leq 0,6\%$ in peso sul cemento per additivi contenenti alcali;
 - contenuto di alluminati (espressi come Al_2O_3) $\leq 1,0\%$ in peso sul cemento per additivi non alcalini.



Per i controlli specifici relativi ai calcestruzzi special si rimanda ai paragrafi § 6.2.1.3 in fase di qualifica e § 6.3.1.36.3.1 in fase di controlli di accettazione.

I **componenti del calcestruzzo proiettato di riferimento** (cemento, acqua, eventuali aggiunte, aggregati, additivi, fibre, ecc.) dovranno risultare conformi a quanto riportato al paragrafo 13.1 nonché alle indicazioni presenti nel prospetto 4 della UNI EN 14487-1.

NOTA Particolare attenzione dovrà essere posta alla verifica della potenziale reattività con gli alcali degli aggregati, qualora si preveda di impiegare additivi per la proiezione a base di alcali.

NOTA Particolare attenzione dovrà essere posta all'effetto di riduzione delle prestazioni meccaniche, alle medie e lunghe stagionature, che gli additivi acceleranti di presa e di indurimento possono causare rispetto ai valori attesi nella miscela di riferimento senza accelerante. Si dovrà verificare, in fase di qualifica della miscela (vedi successivo § 6.2.1.3), che la resistenza a compressione a 28 giorni sia conforme alle specifiche di progetto .

3 ACCIAI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

Acciai per opere all'aperto:

- B.05.030 ACCIAIO IN BARRE TONDE B450C BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA
- B.05.031 SOVRAPPREZZO PER IL RIVESTIMENTO PROTETTIVO DELLE BARRE
 - B.05.031.a - PER BARRE DI DIAMETRO FINO A 10,00 MM
 - B.05.031.b - PER BARRE DI DIAMETRO DA 10,01 A 15,00 MM
 - B.05.031.c - PER BARRE DI DIAMETRO DA 15,01 A 20,00 MM
 - B.05.031.d - PER BARRE DI DIAMETRO DA 20,01 A 30,00 MM
 - B.05.031.e - PER BARRE DI DIAMETRO DA 30,01 A 40,00 MM
- B.05.040 TONDINO IN ACCIAIO INOX CLASSE B450C
 - B.05.040.a - PER ACCIAIO AISI 304L
 - B.05.040.b - PER ACCIAIO AISI 316L
- B.05.050 RETE ELETTRICALDATA
 - B.05.050.a - RETE ACCIAIO B450C



- B.05.050.b - IN ACCIAIO INOX AISI 316L
 - B.05.050.c - IN ACCIAIO INOX AISI 304L
 - B.05.060 SOVRAPPREZZO ALL'ACCIAIO PER ZINCATURA A CALDO
 - B.05.070 SOVRAPPREZZO PERCENTUALE PER IMPIEGO DI ACCIAIO DI CUI AGLI ARTICOLI B.05.030 - B.05.050
 - B.05.070.a - PER QUANTITATIVI UGUALI O INFERIORI A 200 KG
 - B.05.070.b - PER QUANTITATIVI SUPERIORE A 200 KG ED INFERIORE A 500 KG
- Acciai per precompressione:
- B.05.020 TESTATA D'ANCORAGGIO ATTIVA A TESATURA DI TREFOLI O CAVI PER C.A.P.
 - B.05.020.a - FINO A 7 TREFOLI
 - B.05.020.b - DA 8 FINO A 19 TREFOLI
 - B.05.020.c - OLTRE I 20 TREFOLI
 - B.05.021 TESTATA D'ANCORAGGIO PASSIVA A TESATURA DI TREFOLI O CAVI PER C.A.P.
 - B.05.021.a - FINO A 7 TREFOLI
 - B.05.021.b - DA 8 FINO A 19 TREFOLI
 - B.05.021.c - OLTRE I 20 TREFOLI
 - B.05.022 TESTATA D'ANCORAGGIO DI GIUNZIONE A TESATURA DI TREFOLI O CAVI PER C.A.P.
 - B.05.022.a - FINO A 7 TREFOLI
 - B.05.022.b - DA 8 FINO A 19 TREFOLI
 - B.05.022.c - OLTRE I 20 TREFOLI
 - B.05.055 FILO X PRECOMPRESSO ACCIAIO DIAM 4 - 12 MM TIPO FP(O.2)K 1450 N/mm²
 - B.05.056 TRECCIA X PRECOMPRESSO ACCIAIO QUAL. DIAM. FP(O.2)K 1600 N/mm²
 - B.05.057 TREFOLO PER PRECOMPRESSO IN ACCIAIO FP(1)K 1600 N/mm²
 - B.05.065 ACCIAIO IN BARRE TIPO DIWIDAG X C.A.P. CON FPYK > 835 N/mm²
 - B.05.065.a - BARRE AVENTI FPYK > 835 N/mm² ED FPTK > 1030 N/mm²
 - B.05.065.b - BARRE AVENTI FPYK > 1080 N/mm² ED FPTK > 1230 N/mm²
- Acciai per opere in sotterraneo:
- C.02.005 ACCIAIO IN BARRE TONDE
 - C.02.005.a - TIPO B450C AD ADERENZA MIGLIORATA PER LAVORI IN SOTTERRANEO
 - C.02.014 RETE DI ACCIAIO A MAGLIE ELETTRICAMENTE SALDATE IN SOTTERRANEO



3.1 Caratteristiche tecniche

Le diverse tipologie di **acciaio ordinario per c.a.** ad aderenza migliorata impiegabili, secondo quanto previsto al § 11 del D.M. 14/01/2008, sono:

- **acciaio tipo B450C**
 - barre d'acciaio ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 40 \text{ mm}$), rotoli ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$);
 - prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri $\leq 16 \text{ mm}$;
 - reti elettrosaldate: $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$;
 - tralicci elettrosaldati $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$

- **acciaio tipo B450A**
 - barre d'acciaio ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$), rotoli ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$);
 - prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri $\leq 10 \text{ mm}$;
 - reti elettrosaldate: $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$;
 - tralicci elettrosaldati $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$

Ognuno di questi prodotti deve possedere tutti i requisiti previsti dal D.M. 14/01/2008, che specifica le caratteristiche tecniche che devono essere verificate, i metodi di prova e le condizioni di prova.

Tabella 5 Valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento $f_{y \text{ nom}}$ e rottura $f_{t \text{ nom}}$ degli acciai B450C e B450A

$f_{y \text{ nom}}$	450 N/mm ²
$f_{t \text{ nom}}$	540 N/mm ²



Gli **acciai inossidabili**, se il loro impiego è previsto in progetto, dovranno rispettare tutte le caratteristiche previste al § 11.3.2.9.1 del D.M. 14/01/2008.

Quando previsto in progetto, gli acciai in barre e le reti di acciaio elettrosaldate dovranno essere **zincate** a caldo. Gli acciai da sottoporre al trattamento di zincatura a caldo dovranno essere caratterizzati da un tenore di silicio inferiore allo 0,03 - 0,04%, oppure compreso nell'intervallo 0,15-0,25%. Il peso del **rivestimento in zinco**, che non dovrà mai discostarsi di $\pm 10\%$ dalla quantità di 610 g/m^2 di superficie effettivamente rivestita, corrisponderà ad uno spessore di $85 \mu\text{m} \pm 10\%$.

È ammesso esclusivamente l'impiego di **acciai per c.a.p.** qualificati secondo le procedure di cui al § 11.3.1.2 del D.M. 14/01/2008 e controllati (in stabilimento, nei centri di trasformazione e in cantiere) con le modalità riportate nel § 11.3.3.5 del succitato D.M. Gli acciai per c.a.p. possono essere forniti in rotoli (fili, trecce, trefoli), in bobine (trefoli), in fasci (barre). I **fili** possono essere tondi o di altre forme; vengono individuati mediante il diametro nominale o il diametro nominale equivalente riferito alla sezione circolare equipesante. Le **barre** possono essere lisce, a filettatura continua o parziale, con risalti; vengono individuate mediante il diametro nominale.

Tabella 6 Proprietà meccaniche, garantite dal produttore degli acciai per c.a.p.

Tipo di acciaio	Barre	Fili	Trefoli	Trefoli a fili sagomati	Trecce
Tensione caratteristica di rottura f_{ptk} N/mm ²	≥1000	≥1570	≥1860	≥1820	≥1900
Tensione caratteristica allo 0,1 % di deformazione residua $f_{p(0,1)k}$ N/mm ²	-----	≥1420	-----	-----	-----
Tensione caratteristica all'1 % di deformazione totale $f_{p(1)k}$ N/mm ²	-----	-----	≥1670	≥1620	≥1700
Tensione caratteristiche di snervamento f_{pyk} N/mm ²	≥800	-----	-----	-----	-----
Allungamento sotto carico massimo A_{gt}	≥3,5	≥3,5	≥3,5	≥3,5	≥3,5



Gli **ancoraggi** terminali dell'armatura di precompressione dovranno essere conformi alle specifiche di progetto, composti essenzialmente da piastre di ripartizione e apparecchi di bloccaggio.

4 CASSEFORME

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

Casseforme per opere all'aperto:

- B.04.001 CASSEFORME PIANE ORIZZONTALI O VERTICALI PER CONGLOMERATI CEMENTIZI
- B.04.002 CASSERATURE CURVE O BOMBATE PER STRUTTURE SPECIALI
- B.04.003 CASSEFORME A PERDERE
- B.04.004 ARMATURA PER CASSERI ORIZZONTALI O SUBORIZZONTALI PER STRUTTURE RETTILINEE
 - B.04.004.a - LUCE DA M 2,01 A 10,00
 - B.04.004.b - LUCE DA M 10,01 A 18,00
 - B.04.004.c - LUCE DA M 18,01 A 27,00
 - B.04.004.d - LUCE DA M 27,01 A 32,00
 - B.04.004.e - LUCE DA M 32,01 A 40,00
 - B.04.004.f - LUCE DA M 40,01 A 45,00
- B.04.005 SOVRAPPREZZO PER ARMATURE DI CASSEFORME ORIZZONTALI CURVE $R < 10$ MT
- B.04.006 MAGGIORAZIONE PER ALTEZZE MEDIE SUPERIORI AI 10 M - PER OGNI 5 M
- B.04.008 SOVRAPPREZZO ALLA VOCE B.04.001 PER ARMATURA DI SOSTEGNO PER CASSERI INCLINATI OLTRE IL 25% SULLA VERTICALE
- Casseforme per opere in sottoterraneo:
- C.02.003 CASSEFORME PER CALCESTRUZZI DI RIVESTIMENTO IN SOTTERRANEO
 - C.02.003.a - PER CALOTTA O PIEDRITTI DI GALLERIA AD UNICO GETTO
 - C.02.003.b - DI PIEDRITTI A SEZIONE CORRENTE IN SOTTOMURAZIONE
 - C.02.003.c - PER POZZI DI AEREAZIONE DI QUALUNQUE PROFONDITÀ
 - C.02.003.d - CASSEFORME DI TESTATE DEI CONCI



4.1 Caratteristiche tecniche

Per le caratteristiche e l'utilizzo delle **casseforme** si farà riferimento a quanto indicato ai §§ 4.1 e 4.2 delle *"Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo"* pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (febbraio 2008).

Nella progettazione e nella esecuzione delle **armature di sostegno** delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tranvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo o di sottosuolo

Tutte le attrezzature dovranno essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché, in ogni punto della struttura, la rimozione dei sostegni sia regolare ed uniforme.

È prescritto l'uso di **casseforme metalliche** o di **materiali fibro-compresi** o **compensati**; in ogni caso, esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ad essere opportunamente irrigidite o controventate, per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle opere e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.

Nel caso di eventuale utilizzo di **casseforme in legno**, l'Impresa dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto.

I prodotti **disarmanti** dovranno essere conformi alla normativa vigente (fino a nuova pubblicazione fare riferimento alla UNI 8866, ritirata senza sostituzione).



5 MALTE E CALCESTRUZZI DA RIPRISTINO STRUTTURALE E PROTEZIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- B.09.215 MALTE PRECONFEZIONATE ADDITIVATE CON POLIMERI
 - B.09.215.a - SPESSORE MINIMO 2 MM
 - B.09.215.b - SPESSORE DA 3 MM A 6 MM
 - B.09.215.c - SPESSORE DA 7 MM A 10 MM
- B.09.220 MALTE PREMISCELATE
 - B.09.220.1 TIXOTROPICA BICOMPONENTE ADDITIVATA CON POLIMERI
 - B.09.220.1.a - FINO AD UNO SPESSORE MAX DI CM 2
 - B.09.220.1.b - SOVRAPPREZZO PER OGNI CENTIMETRO IN PIÙ
 - B.09.220.2 TIXOTROPICA FIBRORINFORZATA CON FIBRE INORGANICHE
 - B.09.220.2.a - FINO AD UNO SPESSORE MAX DI CM 2
 - B.09.220.2.b - SOVRAPPREZZO PER OGNI CENTIMETRO IN PIÙ
 - B.09.220.3 COLABILE RINFORZATA CON FIBRE INORGANICHE
 - B.09.220.4 COLABILE RINFORZATA CON FIBRE IN ACCIAIO
- B.09.230 UTILIZZO DI BETONCINO
 - B.09.230.a - COLABILE ESPANSIVO PRERMISCELATO
 - B.09.230.b - COLABILE ESPANSIVO PRERMISCELATO RINFORZATO CON FIBRE IN ACCIAIO
 - B.09.230.c - COLABILE ESPANSIVO PRERMISCELATO RINFORZATO CON FIBRE IN ACCIAIO RCK \geq 85 MPA
- B.09.260 CLS A RITIRO COMPENSATO PREMISCELATO, CONSISTENZA S4/S5
 - B.09.260.a - RCK \geq 45 MPA E AGGREGATI
 - B.09.260.b - RCK \geq 65 MPA E AGGREGATI RINFORZATO CON FIBRE SINTETICHE
 - B.09.260.c - RCK \geq 65 MPA E AGGREGATI RINFORZATO CON FIBRE IN ACCIAIO
- B.09.305 COLABILE PREMISCELATO CON FIBRE DI ACCIAIO
 - B.09.305.a - MALTA
 - B.09.305.b - BETONCINO

5.1 Caratteristiche tecniche

Per quanto riguarda gli interventi adeguamento, miglioramento o riparazione ed intervento locale trovano impiego le **malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione**.

Dovendo ripristinare o incrementare la **durabilità** della struttura degradata alle classi di esposizione previste nella UNI EN 206 e UNI 11104, in assenza di rivestimenti impermeabili, i prodotti da ripristino a base cementizia dovranno rispettare, in termini di resistenza meccanica,



quanto previsto da suddette norme. Pertanto, per una durabilità fino a 50 anni, si dovranno garantire **classi di resistenza minime** da 30 a 45 MPa in funzione della **classe di esposizione ambientale**. Per lo **spessore del copriferro** da ripristinare varrà quanto già indicato al successivo par. 2.1.

Nel caso di **prodotti a base cementizia**, uno dei requisiti fondamentali è l'espansione contrastata in aria (vedi successivo par. 13.3.11.6) garantita dall'impiego di agenti espansivi non metallici (vedi successivo par. 13.1.6), solitamente combinati con additivi antiritiro (vedi successivo par. 13.1.5) e microfibre sintetiche (ad esempio: poliacrilonitrile), per contrastare le fessure in fase plastica.

Nel caso di prodotti in cui sia necessario incrementare la resistenza a trazione in fase *post* fessurativa e la duttilità del materiale, si ricorre all'impiego di prodotti fibrorinforzati con macrofibre (tipicamente 20-40 mm), in acciaio o polimeriche, ad elevata resistenza ed alto modulo elastico (es. PVA o poliestere).

Nella seguente Tabella 7 vengono sintetizzate le combinazioni delle varie categorie di prodotto (boiacche, malte, betoncini e calcestruzzi) ed il metodo di messa in opera in funzione dello spessore da ripristinare.

Tabella 7: **Categoria e tecnica di applicazione dei prodotti da ripristino in funzione dello spessore da ripristinare**

		DEGRADO													
		Lieve			Medio				Profondo					Molto profondo	
Spessore ripristino (mm)		1	3	8	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	>100
TECNICHE APPLICAZIONE	Iniezione	Boiacche cementizie e formulati con resine													
	Rasatura	Malte fini tixotropiche													
	Spruzzo o rinzafo				Malte tixotropiche										
	Colaggio				Malte colabili				Betoncini colabili						
													Calcestruzzi (S4)-S5 vibrati o SCC colato		

NOTE alla Tabella 7



Boiacche: solo legante e filler; **Malte fini:** D_{max} fino a 2 mm; **Malte:** D_{max} fino a 4-6 mm

Betoncini: D_{max} fino a 16 mm; **Calcestruzzi:** $D_{max} < \frac{1}{4}$ sp da ripristinare.

Le **malte premiscelate da ripristino e protezione** hanno requisiti prestazionali sintetizzati nelle Tabelle A.10.1 e A.10.2 di cui all'ALLEGATO 10 par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

I **calcestruzzi da ripristino** rientrano nella categoria dei conglomerati non premiscelati con $D_{max} > 6\text{mm}$ (betoncini e calcestruzzi) da utilizzare con funzione di ripristino strutturale e della durabilità.

Nel caso di riparazione o adeguamento di strutture esistenti, laddove non sia possibile garantire un **copriferro** adeguato, per spessore e caratteristiche, alla classe di esposizione ambientale ed alla vita utile di servizio dell'opera, è possibile ricorrere all'impiego di **sistemi di protezione delle armature metalliche contro la corrosione**, in forma di **vernici resinose o boiacche cementizie additivate**, da applicare sulla superficie delle barre esistenti e/o di quelle aggiunte.

6 ACCETTAZIONE E CONTROLLI

6.1 Controllo delle certificazioni per materie prime e prodotti

I materiali ed i prodotti per uso strutturale utilizzati per la realizzazione di opere in c.a. e c.a.p. devono rispondere ai requisiti indicati al § 11.1 del D.M. 14/01/2008.

In particolare, per i materiali e **prodotti recanti la Marcatura CE**, sarà onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere ad ogni fornitore, per ogni diverso prodotto, il Certificato, ovvero Dichiarazione di Conformità alla parte armonizzata della specifica norma europea, ovvero allo specifico Benestare Tecnico Europeo, per quanto applicabile.

Al paragrafo 13.1 sono riportate le tabelle che sintetizzano i requisiti di prodotto richiesti per le varie materie prime utilizzate (cementi, aggiunte minerali, aggregati, acqua, additivi, agenti espansive, fibre)

Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori verificare che tali prodotti rientrino nelle tipologie, classi e/o famiglie previsti nella detta documentazione.



Per i **prodotti non recanti la Marcatura CE**, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità dell'Attestato di Qualificazione (caso B) o del Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (caso C), rilasciato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Ad eccezione di quelli in possesso di Marcatura CE, possono essere impiegati materiali o prodotti conformi ad altre specifiche tecniche, qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente a quello previsto nelle presenti norme. Tale equivalenza sarà accertata attraverso procedure all'uopo stabilite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sentito lo stesso Consiglio Superiore.

6.2 Prequalifica e qualifica

6.2.1 Prequalifica e qualifica dei conglomerati cementizi

In accordo al D.M. 14/01/2008, per la produzione dei conglomerati cementizi si possono configurare due differenti possibilità:

- **calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato;**
- **calcestruzzo prodotto con processo industrializzato.**

6.2.1.1 *Calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato*

Tale situazione si configura unicamente nella produzione di quantitativi di miscele omogenee inferiori ai 1.500 m³, effettuate direttamente in cantiere mediante processi di produzione temporanei e non industrializzati.

In tal caso, la produzione deve avvenire sotto la diretta responsabilità dell'Impresa e con la diretta vigilanza della Direzione dei Lavori.

a) Prove di prequalifica

L'Impresa è tenuta ad effettuare la qualificazione iniziale (**prequalifica**) delle miscele per mezzo della "**valutazione preliminare della resistenza**" (§ 11.2.3 del D.M. 14/01/2008) prima dell'inizio della costruzione dell'opera, attraverso idonee prove preliminari atte ad accertare la resistenza caratteristica per ciascuna miscela omogenea di conglomerato che sarà utilizzata per la



costruzione dell'opera (indicata nella tabella di cui al succitato § 14.1 "Allegato 1 CONTROLLI SUL CEMENTO").

La qualificazione iniziale di tutte le miscele utilizzate deve effettuarsi per mezzo di prove certificate da parte dei **laboratori accreditati** (rif. par. 6.4).

Nella **relazione di prequalifica**, l'Impresa dovrà fare esplicito riferimento a:

- materiali che si intendono utilizzare, indicandone provenienza, tipo e qualità;
- documentazione comprovante la marcatura CE dei materiali costituenti o altra certificazione volontaria del produttore e relative schede tecniche;
- massa volumica reale s.s.a. ed assorbimento, per ogni classe di aggregato, valutati secondo la Norma UNI EN 1097;
- diametro nominale massimo degli aggregati e studio granulometrico secondo UNI EN 933/1,2;
- tipo, classe e dosaggio del cemento;
- rapporto acqua-cemento;
- massa volumica del calcestruzzo fresco secondo UNI EN 12350/6 e calcolo della resa;
- classe di esposizione ambientale cui è destinata la miscela secondo UNI EN 206 e UNI 11104;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- contenuto di aria della miscela valutata secondo UNI EN 12350/6;
- proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica;
- classe di consistenza del calcestruzzo da asciutta a superfluida valutata secondo UNI EN 12350/1 con i tre metodi delle UNI EN 12350/2,3,4 a seconda del livello di lavorabilità della miscela. Per i calcestruzzi auto-compattanti la consistenza verrà valutata con i metodi previsti nelle UNI EN 12350/9,10,11,12;
- condizioni di stagionatura utilizzate per specifiche verifiche;
- la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo secondo UNI EN 12390-1 e UNI EN 12390-2, ovvero altre per specifiche verifiche (es. con temperature analoghe a quelle previste in sito);
- resistenza caratteristica a compressione a 28 giorni (Rck), secondo UNI EN 12390-3 e UNI EN 12390-4;
- curve di resistenza nel tempo (con misure a 2, 7, 14 e 28 giorni, salvo indicazioni differenti da parte della Direzione Lavori);
- caratteristiche dell'impianto di confezionamento e stato delle tarature;
- sistemi di trasporto, di posa in opera e maturazione dei getti.

NOTA Seguendo le indicazioni previste nell'appendice A dalla UNI EN 206/1 relativamente alle prove iniziali, la valutazione della classe di consistenza e della resistenza media a compressione a



28 giorni dovrà essere ripetuta su tre diversi impasti. Il valor medio dei tre prelievi (ciascuno di tre provini) dovrà soddisfare le seguenti relazioni:

- $R_{i\min} > R_{ck}$
- $R_{cm} > R_{ck} + k$

con k pari al doppio dello scarto atteso in produzione e, quindi, usualmente compreso tra 6 e 12 N/mm^2 (in assenza di previsioni sullo scarto di produzione, si assumerà il valore più alto pari a 12 N/mm^2).

I limiti di accettazione per le varie proprietà sono indicati nella tabella riportata al succitato § 14.9 "Allegato 9 CONTROLLI SULLE MISCELE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO ."

La relazione di prequalifica, per ogni classe di conglomerato cementizio che figura nella tabella di cui al citato Allegato 1, dovrà essere sottoposta all'esame della Direzione dei Lavori almeno 30 giorni prima dell'inizio dei relativi getti.

b) Prove di qualifica presso l'impianto

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti di conglomerato cementizio solo dopo aver esaminato ed approvato detta relazione di prequalifica e dopo aver effettuato in impianto di produzione, in contraddittorio con l'Impresa, tre impasti di prova del calcestruzzo per la verifica dei requisiti di cui alla nella tabella riportata nel succitato Allegato 9 al § 14.9 (prove di qualifica).

Anche l'attività di qualifica dovrà essere effettuata per mezzo di prove certificate da parte dei **laboratori accreditati** (rif. par. 6.4).

I laboratori, il numero dei campioni e le modalità di prova saranno quelli indicati dalla Direzione Lavori.

Salvo diversa richiesta della Direzione Lavori, le verifiche previste sulle materie prime nella fase di qualifica sono riportate nelle tabelle dei succitati Allegati da 1 (par. 14.1 a 14.8) , mentre quelle previste sui calcestruzzi sono riportate nella tabella di cui al già citato Allegato 9 (par14.9).

La verifica sarà completa su una miscela, mentre sulle altre due ripetizioni sarà limitata solo alla verifica delle proprietà principali di cui ai successivi punti 1, 2 e 3.

Le miscele verranno autorizzate solo se:



1. la **classe di consistenza** risulti conforme alla classe richiesta per almeno 60' (salvo richieste aggiuntive in relazione ai tempi di trasporto di cui al successivo par.7.2), con una tolleranza di ± 20 mm tra un impasto e l'altro, di consistenza all'interno della classe
2. la **resistenza a compressione** media per ciascun tipo di conglomerato cementizio, misurata alle stesse stagionature delle prove di prequalifica sui provini prelevati dai tre impasti della prova di qualifica in impianto di confezionamento, non si discosti di $\pm 10\%$ dal valore indicato nella relazione di prequalifica
3. Il valore della **massa volumica** del calcestruzzo fresco non si discosti di più del $\pm 3\%$ da quello nominale impostato a seguito della prequalifica
4. Il **rapporto acqua-cemento** determinato secondo le modalità descritte al precedente par.13.1.4 non si discosti di più 0,03 da quello di prequalifica
5. I valori medi degli altri requisiti aggiuntivi di cui al successivo par. 13.3.11 eventualmente previsti rispettino i limiti di progetto.

I **limiti di accettazione** per le varie proprietà sono indicati nella tabella riportata nel succitato 14.9 "Allegato 9. "

In conformità al § 11.2.3 del D.M. 14/01/2008, si ribadisce che la responsabilità della qualità finale del calcestruzzo, che sarà controllata dalla Direzione Lavori secondo le procedure di cui al successivo par. 6.3.1 , resta comunque in capo all'Impresa.

NOTA Caratteristiche dei materiali e composizione degli impasti, definite in sede di prequalifica e verificate in sede di qualifica, non potranno essere modificati in corso d'opera salvo deroghe eccezionali convenute con la Direzione Lavori. Qualora, eccezionalmente, si prevedesse una variazione dei materiali, la procedura di qualifica dovrà essere ripetuta.

6.2.1.2 *Calcestruzzo prodotto con processo industrializzato*

Tale situazione è contemplata dal D.M. 14/01/2008 al § 11.2.8, dove si definisce come calcestruzzo prodotto con processo industrializzato il conglomerato realizzato mediante impianti, strutture e tecniche organizzate **sia all'interno del cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso.**



Di conseguenza, in questa fattispecie rientrano, a loro volta, due tipologie di produzione del calcestruzzo, vale a dire:

- calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati fissi esterni al cantiere (impianti di confezionamento o di prefabbricazione);
- calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati installati nei cantieri (temporanei)

In questi casi, gli impianti devono essere idonei ad una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto.

Al fine di contribuire a garantire quest'ultimo punto, gli impianti devono essere dotati di un sistema di controllo permanente della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dal D.M. 14/01/2008 e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

NOTA Tale sistema di controllo, chiamato "**controllo della produzione in fabbrica**" (FPC), deve essere riferito a ciascun impianto ed è sostanzialmente differente dall'ordinario sistema di gestione della qualità aziendale al quale, tuttavia, può essere affiancato.

Il sistema di controllo dovrà essere certificato da un organismo terzo indipendente di adeguata competenza e organizzazione, autorizzato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e che operi in coerenza con la UNI EN 45012. Quale riferimento per tale certificazione devono essere prese le Linee Guida sul calcestruzzo confezionato, edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, allo scopo di ottenere un calcestruzzo di adeguate caratteristiche reologiche, chimiche e meccaniche.

Il sistema di **controllo della produzione in fabbrica** dovrà comprendere le prove di autocontrollo, effettuate a cura del produttore secondo quanto previsto dalle Linee Guida sul calcestruzzo confezionato. L'organismo di certificazione, nell'ambito dell'ispezione delle singole unità produttive, procederà a verificare anche i laboratori utilizzati per le prove di autocontrollo interno. In virtù di tale verifica e sorveglianza del controllo di produzione, le prove di autocontrollo della produzione sono sostitutive di quelle di prequalifica effettuate presso i laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

L'Impresa dovrà comunque consegnare alla Direzione Lavori, prima dell'inizio dei getti, copia del **dossier di prequalifica** (basato sulle prove di autocontrollo di produzione) della miscela o delle miscele di calcestruzzo che verranno impiegate e dell'attestato di certificazione del sistema di controllo di produzione in fabbrica; qualora le forniture provengano da impianti di confezionamento esterni al cantiere ed estranei all'Impresa, quest'ultima sarà tenuta a richiedere copia dei documenti di cui sopra al produttore di calcestruzzo.



La Direzione Lavori verificherà, quindi, che i documenti accompagnatori di ciascuna fornitura in cantiere riportino gli estremi della certificazione del sistema di controllo della produzione.

Salvo specifica deroga da parte della Direzione dei Lavori, è richiesta, in contraddittorio con l'impresa, la **qualifica** delle miscele presso l'impianto di confezionamento con prove già descritte in 6.2.1.1 b) certificate da parte dei **laboratori accreditati** (rif. par. 6.4).

Oltre alle prove di qualifica, saranno obbligatorie **anche prove di prequalifica** come in 6.2.1.1 a) certificate da laboratorio accreditato.

6.2.1.3 Qualifica dei calcestruzzi speciali

Relativamente a tutti i **calcestruzzi speciali**, di cui al § 2.2.1, anche se prodotti in impianto dotato di certificazione del processo produttivo cui al precedente par. 6.2.1.2, dovranno essere sottoposti a prove di qualifica da parte di **laboratori accreditati** (rif. par. 6.4) verificando, oltre a quanto descritto al precedente par. 6.2.1.1 b), anche i seguenti requisiti aggiuntivi:

- a) Nel caso dei **calcestruzzi a ritiro compensato** - in fase di prequalifica - andrà anche verificata l'efficacia dell'agente espansivo in eventuale combinazione con un agente antiritiro ed alle temperature critiche ipotizzate nel periodo di getto secondo il metodo della UNI 8148 riportato al § 13.1.6. È noto, infatti, che con temperature calde (sopra i 30°C) l'efficacia dell'espansivo viene ridotta, a causa della rapida reazione dello stesso quando il calcestruzzo è ancora in fase plastica mentre, viceversa, con climi molto freddi il ritardo nell'indurimento non permette di sfruttare a pieno il contrasto delle armature. In questi casi, andranno quindi ottimizzati sia il dosaggio dell'agente espansivo sia quello degli additivi regolatore di presa, nonché l'eventuale prolungamento della stagionatura umida del calcestruzzo.

NOTA Si precisa che la UNI 8148 non prevede dei limiti di accettazione, che andranno altresì definiti in base alle specifiche esigenze di progetto. In funzione del sistema espansivo adottato (ad esempio, a base ossido di calcio o solfo alluminato tetra calcico) il dosaggio di prodotto e l'espansione a breve termine andranno verificate in modo da garantire un ritiro nullo a 90 giorni. In via puramente indicativa, possono essere considerati i seguenti **limiti di riferimento**: a 1 giorno $\geq 400 \mu\text{m}/\text{m}$; a 7 giorni $\geq 200 \mu\text{m}/\text{m}$; a 28 giorni $\geq 100 \mu\text{m}/\text{m}$; a 90 giorni $\geq 0 \mu\text{m}/\text{m}$.

- b) Nel caso dei **calcestruzzi fibro-rinforzati** questi dovranno rispondere a quanto riportato nella norma tecnica UNI 11039: "Calcestruzzo rinforzato con fibre d'acciaio; Parte I: Definizioni, classificazione e designazione" ed essere caratterizzati secondo UNI 11039 "Parte II: Metodo di prova per la determinazione della resistenza di prima fessurazione e degli indici di



duttilità", ovvero secondo UNI EN 14651, menzionate al par. 13.3.11.2. Nelle prove di prequalifica e qualifica, dovrà essere determinata la **resistenza a trazione residua per lo stato limite di esercizio** (f_{r1k}) e quella **per lo stato limite ultimo** (f_{r3k}) secondo le norme sopra specificate.

Nel caso in cui il calcestruzzo fibro-rinforzato abbia comportamento a trazione di tipo incrudente, i controlli allo stato indurito si limiteranno alla verifica della resistenza a flessione a trazione secondo UNI EN 12390/7, con rilievo del grafico sforzo-deformazione nella mezzeria.

NOTA Per le tipologie dei **calcestruzzi fibro-rinforzati** rientranti anche nella categoria di calcestruzzi **a ritiro compensato**, vale in aggiunta quanto riportato al precedente punto a)

- c) Per i **calcestruzzi leggeri per uso strutturale e non** relativamente ai requisiti relativi alle altre materie prime, alle classi di durabilità, i controlli di produzione ed in corso d'opera, vale quanto già definito ai capitoli precedenti per i calcestruzzi di peso normale. Tra i requisiti aggiuntivi da verificare (di cui al par. 13.3.11), particolare attenzione meritano quelli legati alla omogeneità e stabilità della miscela allo stato fresco ed alla deformabilità del materiale allo stato indurito (ritiro, deformazione viscosa e modulo elastico).
- d) I **calcestruzzi proiettati** di tipo strutturale permanente (qualsiasi sia la destinazione d'uso) dovranno essere sottoposti, con adeguato anticipo rispetto alla data prevista per l'inizio dei lavori, ad un procedimento di prequalifica e di qualifica, così come di seguito dettagliato.

Il progettista ed il Direttore dei Lavori potranno decidere se richiedere una prequalifica e/o una qualifica preliminari all'impiego di calcestruzzi proiettati, per impieghi di tipo non strutturale o strutturale temporaneo. La fase di qualifica dovrà consistere dalla realizzazione di un campo di prova con l'esecuzione di un simulacro del manufatto da realizzare, impiegando le stesse attrezzature e manodopera e operando in condizioni analoghe a quelle previste per l'applicazione reale.

In occasione della realizzazione del simulacro, verranno verificate l'attitudine della miscela che si intende impiegare ad essere applicata mediante proiezione, l'idoneità dell'attrezzatura che si intende impiegare e le modalità di proiezione; inoltre, verranno verificate le principali prestazioni del conglomerato proiettato misurate sia su pannelli di prova appositamente prodotti come descritto al § 5.4 della UNI EN 14488-1, sia sul simulacro realizzato.

I prelievi dovranno essere eseguiti con le modalità indicate ai § 5.6 e 5.7 della UNI EN 14488-1; in particolare, si procederà a misurare le seguenti grandezze:



- classe di consistenza del calcestruzzo proiettato di riferimento;
- massa volumica e aria inglobata nel del calcestruzzo proiettato di riferimento;
- dosaggio degli additivi impiegati per la proiezione;
- eventuale dosaggio di fibre;
- verifica dello sfrido;
- resistenza meccanica del calcestruzzo giovane mediante i metodi A e B della UNI EN 14488-2 (se richiesto in progetto);
- resistenza meccanica a compressione (secondo UNI EN 12504-1 su carote estratte dal simulacro e dai pannelli di prova);
- massa volumica del calcestruzzo indurito (secondo UNI EN 12350-6 sulle carote estratte dal simulacro e dai pannelli di prova);
- resistenza a flessione di primo picco, ultima e residua secondo UNI EN 14488-3 (se richieste in progetto e applicabili);
- aderenza per trazione diretta secondo UNI EN 14488-4 (se richiesta in progetto e applicabile)
- capacità di assorbimento di energia secondo UNI EN 14488-5 (se richiesta in progetto e applicabile);
- spessore di calcestruzzo sul supporto secondo UNI EN 14488-6;
- contenuto di fibre secondo UNI EN 14488-5 (se applicabile)

I valori ottenuti dovranno essere confrontati con quelli specificati nel progetto, sulla base dei criteri di conformità riportati al § 7.5 della UNI EN 14487-1.

NOTA In particolare, in fase di qualifica si dovrà verificare l'entità della riduzione delle prestazioni meccaniche alle medie e lunghe stagionature del calcestruzzo con additivi acceleranti di presa e di indurimento rispetto ai valori attesi nella miscela di riferimento senza accelerante. proiezione. Anche dopo le riduzioni rispetto al conglomerato di riferimento, la resistenza a compressione a 28 giorni del conglomerato con additivo accelerante dovrà essere conforme alle specifiche di progetto.



NOTA La **non conformità** di un solo dei parametri sopra elencati comporterà l'esecuzione di una nuova qualifica, eseguita su una miscela adeguatamente modificata.

I risultati delle prove di resistenza meccanica sul calcestruzzo giovane e di massa volumica delle carote, inoltre, serviranno come riferimento per valutare i risultati delle stesse prove durante i controlli in corso d'opera.

NOTA L'accettazione di valori in deroga a quelli specificati è subordinata alla dichiarazione di adeguate garanzie di tipo prestazionale, che saranno quindi soggette a verifica da parte della Direzione Lavori.

NOTA La documentazione fornita non esime comunque il fornitore dall'obbligo di eseguire ulteriori prove ed a presentare la relativa documentazione, qualora ANAS le ritenesse necessarie per le esigenze dell'appalto. L'impresa esecutrice, se diversa dal fornitore, resta comunque totalmente responsabile della qualità dell'opera eseguita, anche per quanto possa dipendere dalla effettiva qualità dei materiali stessi.

6.2.2 Qualifica delle malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione

Le **malte da ripristino strutturale e protezione** dovranno essere marcate CE secondo la serie di norme UNI EN 1504 - "Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità"; in particolare si farà riferimento alle seguenti norme:

- UNI EN 1504-3: per Prodotti da riparazione strutturale e non;
- UNI EN 1504-2: per prodotti per la protezione superficiale;
- UNI EN 1504-5 per i prodotti da iniezione.

Nelle Tabelle A.10.1 e A.9.2 di cui all'ALLEGATO 10 § **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** vengono segnalate le proprietà per le quali si ritiene raccomandabile una verifica in qualifica ed in accettazione della fornitura.



Essendo le **malte premiscelate** in questione prodotti dotati di marcatura CE obbligatoria, le **prove di prequalifica e qualifica** si intendono sostituite dalle prove del controllo del processo produttivo certificato da Ente terzo notificato.

Tuttavia, è facoltà della Direzione Lavori richiedere la verifica sia con prove di laboratorio che con prove applicative in opera, in contraddittorio con l'Impresa, alcune proprietà principali (ad esempio, l'adesione al calcestruzzo del substrato o la stabilità dimensionale della malta), sia in fase qualifica che in fase di controllo di accettazione.

Per i **calcestruzzi da ripristino**, oltre a valere le condizioni di cui ai precedenti paragrafi indicati per i calcestruzzi ordinari, le prove di **prequalifica e di qualifica** dovranno contenere la certificazione di proprietà specifiche, analoghe a quelle richieste nella marcatura CE di malte premiscelate di cui sopra, quali ad esempio l'adesione al substrato, l'espansione contrastata, la penetrazione dei cloruri e dell'anidride carbonica, nonché la resistenza al gelo in base alla classe di esposizione a cui sono destinati.

Nella Tabella A.10.3 di cui al succitato Allegato 10 vengono riportati i controlli aggiuntivi (rispetto a quelli già indicati nella tabella riportata nel già citato Allegato 8) richiesti per questa categoria di calcestruzzi in fase di qualifica.

Relativamente ai **sistemi di protezione delle armature metalliche contro la corrosione**, in forma di vernici resinose o boiacche cementizie additivate, da applicare sulla superficie delle barre esistenti e/o di quelle aggiunte i suddetti prodotti dovranno essere dotati di marcatura CE ai sensi della UNI EN 1504-7.

6.2.3 Qualifica degli acciai

L'**acciaio** deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, come prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

NOTA Si precisa che per tutte le **forniture dichiarate non idonee** (e conseguentemente rifiutate) dalla Direzione dei Lavori, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese all'allontanamento dal cantiere ed al rimpiazzo con nuove forniture.



6.2.3.1 Acciaio per c.a.

In cantiere è ammessa esclusivamente la fornitura e l'impiego di acciai saldabili B450C e B450A ad aderenza migliorata qualificati secondo le procedure indicate nel D.M. 14/01/2008 al § 11.3.1.6 e **controllati** con le modalità riportate nei §§ 11.3.2.10 e 11.3.2.11 del citato decreto.

Tutte le forniture di acciaio provenienti dai centri di trasformazione devono essere accompagnate da copia dell'“**Attestato di Qualificazione**”, rilasciato dal Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale.

I **centri di trasformazione** sono impianti esterni alla fabbrica ed al cantiere, fissi o mobili, che ricevono dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confezionano elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere (staffe, ferri piegati, gabbie, ecc.), pronti per la messa in opera o per successive ulteriori lavorazioni. Tali centri devono possedere i **requisiti** ed operare in conformità alle **disposizioni** dei §§ 11.3.1.7 e 11.3.2.10.3 del D.M. 14/01/2008.

Per i prodotti provenienti dai centri di trasformazione, è necessaria la **documentazione** atta ad assicurare che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dal D.M. 14/01/2008.

Inoltre, dovrà essere fornita alla Direzione dei Lavori la seguente **documentazione aggiuntiva**:

- certificato di collaudo tipo 3.1 in conformità alla norma UNI EN 10204;
- certificato Sistema Gestione Qualità UNI EN ISO 9001;
- certificato Sistema Gestione Ambientale UNI EN ISO 14001;
- dichiarazione di conformità al controllo radiometrico (che può anche essere inserita nel certificato di collaudo tipo 3.1);
- polizza assicurativa per danni derivanti dal prodotto.

NOTA Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio dovranno essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio. In quest'ultimo caso, per gli elementi presaldati, presagomati o preassemblati, in aggiunta agli



“Attestati di Qualificazione”, dovranno essere consegnati i certificati delle prove fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione. Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una specifica marcatura, che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine.

Per le **barre in acciaio zincato o inossidabile per c.a.**, relativamente all'accettazione delle forniture, si procederà come per gli acciai ordinari.

Per le **barre in acciaio zincato** il produttore, oltre alla documentazione sopra richiesta, per ogni fornitura, dovrà presentare la certificazione attestante che la zincatura è stata realizzata secondo le specifiche che precedono. La Direzione Lavori si riserva di effettuare controlli presso lo stabilimento dove viene effettuato il trattamento di zincatura.

La Direzione dei Lavori, prima della messa in opera, provvederà a verificare quanto sopra indicato; in particolare, controllerà la rispondenza tra la marcatura riportata sull'acciaio con quella riportata sui certificati consegnati. La mancata marcatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile e pertanto le forniture saranno rifiutate.

6.2.3.2 Acciaio per c.a.p.

È ammesso esclusivamente l'impiego di **acciai per c.a.p.** qualificati secondo le procedure di cui al § 11.3.1.2 del D.M. 14/01/2008 e controllati (in stabilimento, nei centri di trasformazione e in cantiere) con le modalità riportate nel § 11.3.3.5 del succitato D.M.

Tutte le forniture di **fili, barre e trefoli** dovranno essere accompagnate da copia in corso di validità dell'“**Attestato di Qualificazione**” rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale e dovranno essere **munite di un sigillo** sulle legature con il marchio del produttore.

6.3 Controlli in corso d'opera

6.3.1 Controlli in corso d'opera sui conglomerati cementizi



6.3.1.1 *Controlli di accettazione sui conglomerati cementizi*

La Direzione dei Lavori eseguirà i **controlli di accettazione**, secondo le modalità e la frequenza indicate ai §§ 11.2.2, 11.2.4 e 11.2.5 del D.M. 14/01/2008, su miscele omogenee di conglomerato come definite al § 11.2.1 del citato Decreto.

Il **prelievo di calcestruzzo** dovrà essere sempre eseguito alla presenza di un incaricato della Direzione dei Lavori il quale, prima di accettare la fornitura e di procedere con i prelievi, dovrà:

- verificare, dal documento di consegna, l'ora di carico e di prevista consegna del calcestruzzo ed accertarsi che l'organizzazione data allo scarico ed alla messa in opera consenta il rispetto dei tempi indicati al successivo par. 7.2
- verificare che gli elementi contenuti nel documento di consegna di cui al successivo par.7.2 siano conformi alle prescrizioni richieste e respingere il carico in caso di loro mancata corrispondenza;
- controllare che il tipo ed il diametro massimo dell'aggregato corrispondano a quanto richiesto e, in caso di difformità, respingere il carico;
- controllare che la consistenza del calcestruzzo consegnato sia corrispondente a quanto richiesto e specificato sul documento di consegna, ovvero respingere il carico ove essa risultasse di classe diversa.

Il prelievo del conglomerato per i controlli di accettazione si deve eseguire all'uscita della betoniera (non prima di aver scaricato almeno 0.3 m³ di conglomerato e possibilmente a metà del carico), conducendo tutte le operazioni in conformità con le prescrizioni indicate nel D.M. 14/01/2008 e nella norma UNI-EN 206.

Il **numero e la tipologia dei controlli di accettazione** relativi alla classe di resistenza sarà conforme alle due tipologie previste al § 11.2.5 del D.M. 14/01/2008, vale a dire:

- **Tipo A** (impiegato soltanto quando siano previsti quantitativi di miscela omogenea inferiori ai 1500 m³);
- **Tipo B**.



In particolare, i **campioni** di calcestruzzo devono essere preparati con **casseforme** rispondenti alla norma UNI EN 12390-1, confezionati e stagionati secondo le indicazioni riportate nella norma UNI EN 12390-2 e provati presso un laboratorio Ufficiale (autorizzato dal Min. dei LL.PP: per prove secondo legge 106 secondo L. 1086/'71 - DPR 380/'01 - circ. 7617/STC '10), secondo la UNI EN 12390-3. Le casseforme devono essere realizzate con materiali rigidi; al fine di prevenire deformazioni durante le operazioni di preparazione dei provini, devono essere a tenuta stagna e non assorbenti. La geometria delle casseforme deve essere **cubica**, di lato pari a 150 mm, ovvero **cilindrica** con diametro pari a 150 mm ed altezza pari a 300 mm.

Sulla superficie dei provini sarà applicata (annegandola nel calcestruzzo) un'**etichetta** di plastica/cartoncino rigido, sulla quale verrà riportata l'identificazione del campione con inchiostro indelebile; l'etichetta sarà siglata dalla Direzione Lavori al momento del confezionamento dei provini.

Inoltre, la superficie dei provini dovrà essere protetta con apposito coperchio o pellicola plastica, per evitare l'evaporazione dell'acqua fino al momento dello scasso e del trasferimento in ambiente con UR > 95%.

L'esecuzione del campionamento deve essere accompagnata dalla stesura di un **verbale di prelievo**, che riporti le seguenti indicazioni:

1. **Identificazione del campione:**

- tipo di calcestruzzo e relative classi di consistenza, durabilità, resistenza, cloruri e Dmax;
- numero di provini effettuati;
- codice del prelievo;
- metodo di compattazione adottato;
- numero del documento di trasporto;
- ubicazione del getto per il puntuale riferimento del calcestruzzo messo in opera (ad esempio: muro di sostegno, solaio di copertura, soletta di ponte, ecc.)

2. **Identificazione del cantiere e dell'Impresa appaltatrice**

3. **Data e ora di confezionamento dei provini**

4. **Firma della Direzione Lavori**



Al termine del prelievo, si procederà alla **conservazione dei provini** verranno in adeguate strutture predisposte dall'Impresa; gli stessi saranno appoggiati al di sopra di una superficie orizzontale piana in posizione non soggetta ad urti e vibrazioni.

Il calcestruzzo campionato deve essere lasciato all'interno delle casseforme per almeno 16 ore (in ogni caso non oltre i 3 giorni). Trascorso questo termine, i provini dovranno essere consegnati presso il **Laboratorio Ufficiale** incaricato di effettuare le **prove di schiacciamento**, ove si provvederà alla loro conservazione, una volta rimossi dalle casseforme, in acqua alla temperatura costante di 20 ± 2 °C, oppure in ambiente termostato posto alla temperatura di 20 ± 2 °C ed umidità relativa superiore al 95%.

Nel caso in cui i provini vengano conservati immersi nell'acqua, il contenitore deve avere dei ripiani realizzati con griglie (è consentito l'impiego di reti elettrosaldate), per fare in modo che tutte le superfici siano a contatto con l'acqua.

Le medesime condizioni dovranno essere garantite dall'impresa nel caso i provini vengano scasserati secondo i tempi sopramenzionati e non inviati immediatamente al laboratorio di prova.

NOTA L'Impresa sarà responsabile delle operazioni di corretta conservazione dei provini campionati e della loro custodia in cantiere prima dell'invio al Laboratorio, nonché del trasporto e della consegna dei provini di calcestruzzo presso detto Laboratorio, unitamente ad una domanda ufficiale di richiesta prove sottoscritta dalla Direzione Lavori, la quale allegherà a tale richiesta, copia del verbale di prelievo.

I **certificati emessi dal Laboratorio Ufficiale** dovranno contenere tutte le informazioni richieste al § 11.2.5.3 del D.M. 14/01/2008.

I limiti di accettazione e la frequenza di verifica delle varie proprietà sono riportati nella tabella di cui al già citato Allegato 9 (par. 14.9).

Qualora la Direzione dei Lavori abbia necessita di **prove complementari** (per esigenze legate alla logistica di cantiere, alla rapida messa in servizio di una struttura o di porzioni di essa o alla messa in tensione dei cavi di precompressione) potrà prescrivere l'ottenimento di un determinato valore della resistenza caratteristica in tempi inferiori ai canonici 28 giorni o a temperature di



maturazione diverse dai 20 °C. In questi casi, oltre al numero di provini previsti per ciascun controllo di accettazione, sarà confezionata un'ulteriore coppia di provini con le medesime modalità, fatta eccezione per le regole di conservazione dei campioni: questi, infatti, saranno maturati in adiacenza alla struttura o all'elemento strutturale per il quale è stato richiesto un valore della resistenza caratteristica a tempi e/o temperature diversi da quelli standard.

NOTA Si specifica che tali prove complementari non potranno, in alcun caso, sostituire i "controlli di accettazione" sopra definiti.

6.3.1.2 *Controllo della resistenza del calcestruzzo messo in opera*

Nel caso in cui uno o più controlli di accettazione non dovessero risultare soddisfatti, oppure sorgano dubbi sulla qualità e rispondenza ai valori di resistenza prescritti del calcestruzzo già messo in opera, la Direzione Lavori procederà al **controllo della resistenza del calcestruzzo messo in opera** attraverso una serie di prove sia distruttive che non distruttive.

NOTA Tali prove, in ogni caso, non devono intendersi sostitutive dei controlli di accettazione (§ 11.2.6 del D.M. 14/01/2008).

Il valor medio (e quello caratteristico) della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza strutturale) è, in genere, inferiore al valor medio (ed a quello caratteristico) della resistenza dei prelievi in fase di getto maturati in laboratorio (definita come resistenza potenziale).

È accettabile un valore caratteristico della **resistenza strutturale** ($R_{ck, STRUTT}$), misurata con le tecniche distruttive e/o non distruttive ritenute più opportune da parte della D.L. e debitamente trasformata in resistenza cilindrica o cubica, **non inferiore all'85% del valore caratteristico definito in fase di progetto** secondo il D.M. 14/01/2008.

Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale si farà riferimento alle norme UNI EN 12504-1:2002, UNI EN 12504-2:2001, UNI EN 12504-3:2005, UNI EN 12504-4:2005, nonché alle Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP. e al § C11.2.6 della Circolare esplicativa alle norme tecniche per le costruzioni.

I limiti di accettazione e la frequenza di verifica delle varie proprietà sono sintetizzati nella tabella riportata nell'Allegato 9 già precedentemente citato (par. 14.9).



Le **aree di prova**, da cui devono essere estratti i campioni o sulle quali saranno eseguite le prove non distruttive, devono essere scelte in modo da permettere la valutazione della resistenza meccanica della struttura o di una sua parte interessata all'indagine.

Le aree ed i punti di prova debbono essere preventivamente identificati e selezionati in relazione agli obiettivi; pertanto, si farà riferimento al giornale dei lavori ed eventualmente al registro di contabilità, per identificare correttamente le strutture o porzioni di esse interessate dalle non conformità.

La dimensione e la localizzazione dei punti di prova dipendono dal metodo prescelto, mentre il numero di prove da effettuare dipende dall'affidabilità desiderata nei risultati.

In assenza di altre indicazioni specifiche, per il numero minimo di prove, si potrà far riferimento alla Tabella C8A.1.3a - C8A.1.3b della Appendice C8A delle Circolari esplicative alle norme tecniche delle costruzioni ed alla possibilità, prevista dalla stessa, di sostituire parte delle prove distruttive con metodi non distruttivi opportunamente tarati, come sintetizzato nella tabella di cui all'Allegato 9 già precedentemente citato (par. 14.9).

La definizione e la divisione in regioni di prova, di una struttura, presuppongono che i prelievi o i risultati di una regione appartengano statisticamente e qualitativamente ad una medesima popolazione di calcestruzzo.

Nel caso in cui si voglia valutare la capacità portante di una struttura, le regioni di prova devono essere concentrate nelle zone più sollecitate, mentre nel caso in cui si voglia valutare il tipo o l'entità di un danno, le regioni di prova devono essere concentrate nelle zone dove si è verificato il danno o si suppone sia avvenuto.

Le aree e le superfici di prova vanno predisposte in relazione al tipo di prova che s'intende eseguire, facendo riferimento al fine cui le prove sono destinate, alle specifiche norme di cui sopra, contestualmente alle indicazioni del produttore dello strumento di prova.

In linea di massima e salvo quanto sopra indicato, le aree di prova devono essere prive sia di evidenti difetti (vespai, vuoti, occlusioni, ecc.) che possano inficiare il risultato e la significatività delle prove stesse, sia di materiali estranei al calcestruzzo (intonaci, collanti, impregnanti, ecc.), sia di polvere ed impurità in genere.

L'eventuale presenza di materiale estraneo e/o di anomalie sulla superficie non rimosibili deve essere registrata sul verbale di prelievo e/o di prova.

L'assenza di armatura in corrispondenza dei punti di prova di cui al precedente dovrà essere verificata mediante preliminare indagine pacometrica (riferimento norma BS 1881).



In relazione alla finalità dell'indagine, i punti di prelievo o di prova devono essere localizzati in modo puntuale, qualora si voglia valutare le proprietà di un elemento oggetto d'indagine, o casuale, per valutare una partita di calcestruzzo indipendentemente dalla posizione.

6.3.1.3 Controlli aggiuntivi sui calcestruzzi speciali

Oltre ai controlli generali uguali per tipo e frequenza a quelli previsti per i calcestruzzi ordinari D.M. 14/01/2008, sui calcestruzzi speciali andranno previsti anche i seguenti controlli aggiuntivi:

- a) Nel caso dei **calcestruzzi a ritiro compensato** le misure dell'espansione andranno eseguite con il metodo B della UNI 8148, come già riportato ai paragrafi 6.2.1.3 e 13.1.6

- b) I **calcestruzzi fibro-rinforzati** dovranno essere sottoposto a prove di accettazione in cantiere, secondo quanto previsto nella Tabella 8.1 delle Istruzioni CNR DT 204/2006, che viene di seguito riportata come Tabella 10 del presente Capitolato.

Tabella 10: **Prove durante la produzione di calcestruzzi fibrorinforzati** (secondo DT 204/2006)

Oggetto	Proprietà	Metodo	Frequenza
FRC fresco	Corretta miscelazione e distribuzione omogenea fibre	UNI EN 206	Ogni giorno di getto di miscela omogenea
FRC fresco	Contenuto delle fibre	Peso dopo separazione fibre-matrice UNI EN 14721 (*)	Ogni 50 m ³ di getto di miscela omogenea o almeno 2 controlli al giorno
FRC indurito	Resistenza di prima fessurazione	Appendice A DT 104 → UNI 11039 o UNI EN 12390/7 a 4 punti per FRC incrudente	Appendice B DT 104
FRC indurito	Resistenze equivalenti	Appendice A DT 104	Appendice B DT 104



NOTE alla Tabella 10

(*) Procedura valida solo per fibre metalliche. Per altro tipo di fibre occorre mettere a punto procedura specifica.

La revisione delle NTC (la cui bozza è ancora all'esame del Cons. Sup. dei LL.PP.) dovrebbe prevedere, al nuovo par. 11.2.12, la possibilità di utilizzare i cls fibro-rinforzati con le riduzioni o in assenza di armatura longitudinale e trasversale convenzionale (solo nel caso di FRC a comportamento incrudente) secondo i metodi di calcolo previsti nel DT 204, non solo per interventi di ripristino (cap.12) ma anche per le nuove costruzioni.

- c) Durante l'applicazione dei **calcestruzzi proiettati**, si procederà ad un controllo sistematico dei parametri riportati nei prospetti 10, 11 e 12 della UNI EN 14487-1, nel rispetto della categoria di ispezione prescritta in progetto. La Direzione Lavori potrà richiedere prove aggiuntive, o frequenze maggiori di controllo rispetto a quelle previste nei suddetti prospetti, in qualsiasi caso ne ravveda la necessità, ovvero in seguito al verificarsi di non conformità. Inoltre, nei controlli in corso di esecuzione, la resistenza a compressione ottenuta dovrà risultare non inferiore al 75% di quella misurata sulle carote ricavate dalla piastra confezionata con il calcestruzzo proiettato di riferimento (non inferiore al 90% per acceleranti di presa non alcalini).

6.3.2 Controlli sulle malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione

Per il controllo di qualità delle **malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione** si farà riferimento a quanto previsto in generale dalla UNI EN 1504-10 "Applicazione in opera di prodotti e sistemi e controllo di qualità dei lavori"; in particolare, per l'applicazione si farà riferimento ai seguenti punti della norma UNI EN 1504-10:

- § 7.2 per la preparazione del substrato in calcestruzzo;
- § 7.3 per la preparazione dell'armatura;
- §§ da 8.2.1 a 8.2.4 per l'applicazione a mano, a spruzzo o per colaggio;
- § 8.2.5 per la stagionatura in accordo con UNI EN 13670-1;



- § 8.2.7 per l'applicazione di eventuali trattamenti superficiali di prodotti conformi a UNI EN 1504-3.

Per le specifiche di controllo qualità verranno considerate le indicazioni riportate al prospetto 4 della UNI EN 1504-10 sintetizzate nelle già citate Tabelle A.10.4 e A.10.5 dell'Allegato 10 par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, relativamente ai soli metodi di rivestimento superficiale, ripristino strutturale e non con malte e calcestruzzo, iniezioni delle fessure.

Per le **malte da ripristino strutturale**, il controllo della resistenza meccanica in cantiere verrà eseguito secondo gli stessi criteri previsti dal D.M. 14/01/2008 per i calcestruzzi ordinari.

Per i **calcestruzzi da ripristino** rientranti anche nella categoria di calcestruzzi a ritiro compensato e/o fibro-rinforzato, vale in aggiunta quanto riportato nel precedente par. 6.2.1.3.

6.3.3 Controlli sugli acciai

La Direzione dei Lavori disporrà all'Impresa di eseguire, a proprie spese e sotto il controllo diretto della stessa D.L., i **controlli** di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere in conformità con le indicazioni contenute:

- per l'**acciaio per c.a.**: nel § 11.3.2.10.4 del D.M. 14/01/2008;
- per l'**acciaio per c.a.p.**: nel § 11.3.3.5 del D.M. 14/01/2008.

Il **campionamento** ed il controllo di accettazione dovrà essere effettuato entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale. All'interno di ciascun lotto (formato da **massimo 30 t**) consegnato e per tre differenti diametri delle barre in essa contenuta, si dovrà procedere al campionamento di tre spezzoni di acciaio, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario, i controlli devono essere estesi agli altri lotti presenti in cantiere e provenienti da altri stabilimenti.

Non saranno accettati fasci di acciaio contenenti barre di differente marcatura.

Qualora la fornitura di elementi sagomati o assemblati provenga da un Centro di trasformazione, la Direzione dei Lavori, dopo essersi accertata preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al § 11.3.1.7 del D.M. 14/01/2008, potrà usufruire del medesimo Centro di trasformazione per effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso, le modalità di controllo sono definite:



- per l'**acciaio per c.a.**: al § 11.3.2.10.4 del D.M. 14/01/2008;
- per l'**acciaio per c.a.p.**: al § 11.3.3.5.3 del D.M. 14/01/2008.

Resta nella discrezionalità della Direzione dei Lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni (quali, ad esempio indice di aderenza e saldabilità).

Nel caso di **forniture giudicate non conformi** dalla Direzione Lavori, queste saranno immediatamente allontanate dal cantiere a cura e spese dell'Impresa, alla quale sarà altresì imputato l'onere delle nuove forniture.

NOTA Prima di procedere alla messa in opera dei **sistemi di precompressione a cavi post-tesi**, l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori l'attestazione di deposito presso il Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale della documentazione prescritta al § 11.5 del D.M. 14/01/2008.

Per i controlli delle **barre in acciaio zincato o inossidabile per c.a.**, in cantiere o nel luogo di lavorazione, nonché per le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova si procederà come per gli acciai ordinari.

In particolare, per le **barre in acciaio zincato** le verifiche saranno condotte per unità di collaudo costituite da partite del peso max di 25 t. Oltre alle prove previste al precedentemente, dovranno essere effettuate anche le prove di seguito descritte, per verificare la rispondenza del trattamento di zincatura alle prescrizioni del successivo par. 13.5. In primo luogo, la Direzione Lavori procederà in contraddittorio con l'Impresa ad una accurata ispezione visiva della partita per accertare lo stato della zincatura. In presenza di zone scoperte o di altre irregolarità superficiali, le forniture saranno rifiutate e l'Impresa dovrà allontanarle dal cantiere a sua cura e spese. Dovrà essere verificato il **peso dello strato di zincatura**, mediante differenza di massa tra il campione zincato e lo stesso dopo la dissoluzione dello strato di zincatura (metodo secondo *Aupperle*), secondo la Norma UNI EN ISO 1461:1999.

Da ciascuna partita saranno prelevati 9 campioni casuali: sarà determinato il peso medio del rivestimento di zinco su tre dei campioni prelevati; se risulterà uguale o superiore a $610 \text{ g/m}^2 + 10\%$, la partita sarà accettata. In caso contrario, la prova sarà estesa agli altri 6 campioni: se,



anche per questi ultimi, il peso medio del rivestimento risulterà inferiore a 610 g/m^2 -10%, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

La verifica della **uniformità dello strato di zincatura** sarà effettuata mediante un minimo di 5 immersioni, ciascuna della durata di un minuto, dei campioni in una soluzione di solfato di rame e acqua distillata (metodo secondo *Preece*) secondo la Norma UNI EN ISO 1460:1997. Da ciascuna partita saranno prelevati 9 campioni casuali: saranno sottoposti a prova 3 campioni. Se, dopo 5 immersioni ed il successivo lavaggio, non si avrà nell'acciaio alcun deposito di rame aderente metallico e brillante, la partita sarà accettata. In caso contrario, la prova sarà estesa agli altri 6 campioni:

- se presenterà depositi di rame uno solo dei campioni prelevati, la partita sarà accettata;
- se il numero dei campioni che presentano depositi di rame sarà più di 1, ma comunque non superiore a 3 dei 9 prelevati, la partita sarà accettata, ma verrà applicata una penale al lotto che non possieda i requisiti richiesti; se il numero dei campioni che presentano depositi di rame sarà superiore a 3, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

Tutte le prove e le verifiche dovranno essere effettuate a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori, presso i **laboratori accreditati** indicati dalla medesima con oneri della certificazione a carico ANAS.

6.4 Laboratori accreditati e autorizzati

Le **prove di qualifica** eseguite in integrazione alla **Marcatura CE**, nonché le **prove di collaudo o verifica** eseguite sui materiali o sui singoli componenti dei sistemi di protezione acustica, dovranno essere effettuate da **laboratori accreditati** secondo la Norma ISO 17025 da Ente ACCREDIA, da Enti equivalenti europei affiliati all'associazione degli organismi di accreditamento europei EA (<http://www.european-accreditation.org>), ovvero dai laboratori del Centro Ricerca di Cesano – ANAS ovvero dai **Laboratori Ufficiali** di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001 (autorizzati dal Min. dei LL.PP: per prove secondo legge 106 secondo L. 1086/'71 - DPR 380/'01 - circ. 7617/STC '10).

NOTA : le prove di accettazione principali, complementari o integrative di cui al paragrafo 6.3.1 possono essere eseguite per legge **solo** dai laboratori Ufficiali di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001.



7 MODALITÀ DI ESECUZIONE

Per quanto non esplicitamente indicato nella presente sezione e in progetto, in ottemperanza al § 4.1.7 del D.M. 14/01/2008, si farà riferimento alla norma UNI EN 13670-1 "Esecuzione di strutture in calcestruzzo: requisiti comuni" ed alle "Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo" pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (febbraio 2008).

L'Impresa esecutrice è tenuta a presentare, nei modi e nei tempi previsti dal Contratto, un **programma dei getti** che saranno eseguiti nella settimana lavorativa successiva, con indicazione di:

- data e ora di esecuzione del getto;
- ubicazione del getto (opera e parte d'opera);
- classe di resistenza del conglomerato cementizio, in accordo a quanto previsto dal progetto;
- metri cubi di calcestruzzo previsti;
- impianto di betonaggio di provenienza

Ogni **variazione al programma** deve essere comunicata (salvo casi dovuti a motivi di sicurezza), in forma scritta, con un preavviso minimo di 1 giorno.

Inoltre, l'Impresa esecutrice deve verificare l'esistenza della **documentazione di qualifica**, con particolare riferimento alla rispondenza della miscela prevista per il getto alle condizioni di aggressività dell'ambiente, nonché deve prevedere l'elaborazione di una **specifica di stagionatura** delle opere/parti d'opera da realizzare; tale specifica deve essere trasmessa per informazione ad ANAS.

7.1 Confezionamento dei conglomerati cementizi

Il confezionamento dei conglomerati cementizi prodotti con **processo non industrializzato** dovrà essere eseguita con gli impianti preventivamente sottoposti all'esame della Direzione Lavori,



conformi alle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato, edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP., secondo le procedure di prequalifica e qualifica già descritte nei precedenti par. 6.2.1

Qualora il calcestruzzo sia prodotto con **processo industrializzato**, non occorrerà alcun esame preventivo dell'impianto da parte della Direzione Lavori, la quale, come già precisato al par. 6.2.1.2 si limiterà ad acquisire la documentazione di prequalifica.

NOTA Ove opportuno, la Direzione dei Lavori potrà comunque richiedere, in contraddittorio con l'Impresa, una qualifica della miscela o delle miscele in impianto di preconfezionamento, con prove certificate da parte dei **laboratori accreditati o autorizzati** di cui al par. 6.4 .

7.2 Trasporto dei conglomerati cementizi

Il **trasporto** dei conglomerati cementizi dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei, al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e, comunque, tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del calcestruzzo medesimo.

Per quanto non specificato nel seguito, si farà riferimento alle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato, del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP.

Saranno accettate, in funzione della durata e della distanza di trasporto, le **autobetoniere** e le **benne a scarico di fondo** ed, eccezionalmente, i **nastri trasportatori**.

NOTA Ciascuna fornitura di calcestruzzo dovrà essere accompagnata da un documento di trasporto (bolla) conforme alle specifiche del § 7.3 della UNI EN 206, sul quale dovranno essere riportati almeno

- data e ora di produzione;
- data e ora di arrivo in cantiere, di inizio scarico e di fine scarico;
- classe o classi di esposizione ambientale;
- classe di resistenza caratteristica del conglomerato;
- tipo, classe e dosaggio di cemento;



- dimensione massima nominale dell'aggregato;
- classe di consistenza o valore numerico di riferimento;
- classe di contenuto in cloruri;
- quantità di conglomerato trasportata;
- la struttura o l'elemento strutturale cui il carico è destinato.

L'Impresa dovrà esibire detta documentazione alla Direzione dei Lavori

Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli.

È facoltà della Direzione Lavori rifiutare carichi di conglomerato cementizio non rispondenti ai requisiti prescritti.

Il tempo massimo consentito dalla produzione dell'impasto in impianto al momento del getto non dovrà superare i 90 minuti e sarà onere del produttore riportare nel documento di trasporto l'orario effettivo di fine carico della betoniera in impianto. Si potrà operare in **deroga** a questa prescrizione in casi eccezionali, quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dall'impianto al cantiere dovessero risultare superiori ai 75 minuti. In questa evenienza, si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione, purché esso possenga i requisiti di lavorabilità e resistenza iniziale prescritti.

7.3 Posa in opera dei conglomerati cementizi

7.3.1 Operazioni preliminari

Le **operazioni di getto** potranno essere avviate solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori.



Al momento della messa in opera del conglomerato, è obbligatoria la presenza di almeno un membro dell'ufficio della Direzione dei Lavori incaricato a norma di legge, oltre che di un responsabile tecnico dell'Impresa.

Prima di procedere alla messa in opera del calcestruzzo, sarà necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto.

Nel caso di **getti contro terra, roccia, ecc.**, occorre controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto e delle presenti Norme.

I **distanziatori** utilizzati per garantire i copriferri ed eventualmente le reciproche distanze tra le barre di armatura, dovranno essere in plastica o a base di malta cementizia di forma e geometria tali da minimizzare la superficie di contatto con il cassero.

7.3.2 Getto del calcestruzzo

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori.

Lo **scarico del calcestruzzo** dal mezzo di trasporto nelle casseforme si effettua applicando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione e favorire il flusso attraverso le armature e le parti più difficili da raggiungere nelle casseforme. L'immissione per mezzo di una tubazione flessibile può facilitare la distribuzione del calcestruzzo.

L'**altezza di caduta libera** del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, **non deve eccedere i 50-80 centimetri**; si utilizzerà un tubo di getto che si accosti al punto di posa o, meglio ancora, che si inserisca nello strato fresco già posato e consenta al calcestruzzo di rifluire all'interno di quello già steso.

L'**uso delle pompe** sarà consentito a condizione che l'Impresa adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio alla bocca di uscita della pompa.

Nel caso di **getti verticali ed impiego di pompa**, qualora le condizioni operative lo permettano e soprattutto con i calcestruzzi autocompattanti, si suggerisce di immettere il calcestruzzo dal fondo. Questo accorgimento favorisce la fuoriuscita dell'aria e limita la presenza di bolle d'aria



sulla superficie. L'obiettivo è raggiunto fissando al fondo della cassaforma un raccordo di tubazione per pompa, munito di saracinesca, collegato al terminale della tubazione della pompa.

E' anche raccomandabile che lo **spessore degli starti orizzontali di getto**, misurato dopo vibrazione non sia maggiore di 30 cm.

Per la **compattazione del getto** verranno adoperati **vibratori** a parete o ad immersione. Nel caso si adoperi il sistema di vibrazione ad immersione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente per l'intero spessore del getto fresco, per 5-10 cm in quello sottostante se ancora lavorabile e spostato, da punto a punto nel calcestruzzo, ogni 50 cm circa; la durata della vibrazione verrà protratta nel tempo in funzione della classe di consistenza del calcestruzzo, come dettagliato nella seguente Tabella.

Tabella 11: **Relazione tra classe di consistenza e tempo di vibrazione del conglomerato.**

Classe di consistenza	Tempo minimo di immersione dell'ago nel calcestruzzo (s)
S1	25 - 30
S2	20 - 25
S3	15 - 20
S4	10 - 15
S5	5 - 10
F6	0 - 5
SCC	<i>Non necessita compattazione (salvo indicazioni specifiche della D.L.)</i>

Nel caso di un **calcestruzzo autocompattante senza vibrazione**, è possibile raggiungere una distanza di scorrimento orizzontale di circa 10 metri; tale distanza, comunque, dipende anche dalla densità delle armature.



Il conglomerato cementizio sarà posto in opera ed assestato con ogni cura, in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze.

Dal **giornale lavori** del cantiere dovrà risultare la data di inizio e di fine dei getti e del disarmo.

Se il getto dovesse essere effettuato durante la **stagione invernale**, l'Impresa dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.

Deve essere garantita la continuità del funzionamento delle attrezzature, possibilmente anche mediante apparecchiature di riserva, allo scopo di evitare rallentamenti e/o interruzioni delle operazioni di costipamento.

Per la **finitura superficiale di solette e pavimentazioni**, è prescritto l'uso di **piastre vibranti** o attrezzature equivalenti; la regolarità dei getti dovrà essere verificata con il metodo descritto nella UNI 11146 - Appendice A, impiegando le seguenti tolleranze:

- ± 10 mm su 2 metri per solette o pavimentazioni semplicemente staggate;
- ± 5 mm su 2 metri per solette o pavimentazioni sottoposte a fratazzatura meccanica

Quando il calcestruzzo deve essere gettato in **presenza d'acqua**, si dovranno adottare tutti gli accorgimenti, approvati dalla Direzione Lavori, necessari ad impedire che l'acqua ne dilavi le superfici e ne pregiudichi la normale maturazione.

NOTA Sarà cura del fornitore garantire in ogni situazione la **classe di consistenza** prescritta per le diverse miscele, tenendo conto che **è assolutamente vietata qualsiasi aggiunta di acqua in betoniera al momento del getto** dopo l'inizio dello scarico del calcestruzzo dall'autobetoniera. La classe di consistenza prescritta verrà garantita per un intervallo di tempo di 30 minuti dall'arrivo della betoniera in cantiere. Trascorso questo tempo, sarà l'Impresa unica responsabile della eventuale minore **lavorabilità** rispetto a quella prescritta.

Nel caso di **calcestruzzi speciali per getti massivi** - in ogni caso - il getto dovrà rimanere, per almeno 4 giorni consecutivi, entro casseri ricoperti dall'esterno con materassini termoisolanti che riducano il gradiente termico tra nucleo e periferia del getto. Quando le superfici non casserate avranno iniziato la fase di indurimento, occorrerà procedere alla stesa dei materassini anche in



queste zone. Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti (con le modalità di cui al successivo par. 7.5) per ulteriori 3 giorni consecutivi alla rimozione dei casseri.

NOTA Qualora dovessero insorgere esigenze particolari, per sospendere la maturazione di **calcestruzzi speciali per getti massivi** esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla Direzione Lavori. Qualora, per particolari esigenze costruttive, si debba procedere con una rapida rimozione delle casseforme (immediatamente dopo le 24 ore dal getto, ma comunque sempre su esplicita autorizzazione della Direzione Lavori), la superficie dei getti dovrà essere prontamente ricoperta con fogli di polietilene e materassini coibenti e tale rimarrà per 7 giorni consecutivi.

7.3.3 Posa in opera in climi freddi

Al momento della consegna dovrà essere verificato, conformemente a quanto indicato al precedente par.6.3.1.2, che la **temperatura dell'aria e del calcestruzzo fresco non siano minore di 5 °C**.

In **condizioni di temperatura ambientale inferiore**, considerando che tra il termine della miscelazione e la messa in opera si deve prevedere un raffreddamento di $2\div 5^{\circ}\text{C}$, il getto potrà essere eseguito solo nel caso vengano rispettate le seguenti **prescrizioni**:

- nel caso in cui la temperatura dell'aria sia compresa fra 0°C e 5°C , la produzione e la posa in opera del conglomerato cementizio devono essere sospese, a meno che non sia garantita una temperatura dell'impasto durante la fase di getto non inferiore a 10°C , ad esempio mediante un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti e/o dell'acqua di impasto all'impianto di betonaggio, con l'avvertenza che la temperatura raggiunta dall'impasto non sia superiore a 25°C . In alternativa, è possibile utilizzare, sotto la responsabilità dell'Impresa, additivi acceleranti di presa conformi alla UNI EN 934-2 e, se autorizzati dalla D.L., opportuni additivi antigelo;
- per temperature comprese fra -4°C e 0°C , potranno essere eseguiti esclusivamente getti relativi a fondazioni, pali e diaframmi, ferme restando le condizioni dell'impasto di cui al punto precedente;
- salvo specifiche prescrizioni di progetto, da sottoporre comunque a preventiva approvazione, non si deve procedere all'esecuzione di getti quando la temperatura dell'aria esterna è inferiore a -4°C .

L'Impresa esecutrice deve inoltre adottare le seguenti **ulteriori precauzioni**:



- eseguire opportune protezioni dei getti, per permettere l'avvio della presa ed evitare la dispersione del calore di idratazione;
- eseguire una valutazione del tempo necessario al mantenimento delle casseforme in relazione all'effettivo valore di temperatura ambientale (vedi successivo par 7.5.2);
- scegliere, per il getto, le ore più calde della giornata;
- in caso di presenza di neve e/o ghiaccio, prima del getto si deve accertarne l'avvenuta rimozione dai casseri, dalle armature e dal sottofondo.

NOTA Al fine di poter mettere in atto correttamente e verificare le prescrizioni riguardanti le temperature di getto, occorre che in cantiere sia esposto un termometro in grado di indicare le temperature minime e massime giornaliere.

7.3.4 Posa in opera in climi caldi

Se durante le operazioni di getto la temperatura dell'aria supera i 33 °C, **la temperatura dell'impasto dovrà essere mantenuta entro i 25 °C**. Per i getti massivi (di cui al precedente § 2.2.1 a) tale limite dovrà essere convenientemente diminuito.

Al fine di abbassare la temperatura del calcestruzzo, potrà essere usato ghiaccio in sostituzione di parte dell'acqua di impasto, avendo cura di computarne l'esatta quantità nel calcolo del rapporto a/c (di cui al § 13.3.3) affinché il valore prescritto non subisca alcuna variazione.

La **temperatura delle casseforme metalliche**, se maggiore di 33°C, deve essere ricondotta a tale valore con tolleranza di 5°C, mediante preventivi getti esterni di acqua fredda.

Per realizzare una miscela di calcestruzzo entro i limiti di temperatura sopra indicati, si potrà procedere al **raffreddamento degli aggregati** stoccati con getti di acqua fredda, prevedendo un adeguato drenaggio per evitarne il ristagno ed un controllo dell'umidità aggiuntivo per asciugatura, oltre a quello effettuabile mediante le sonde.

Per ritardare la presa e garantire il mantenimento della lavorabilità al getto secondo quanto indicato al par. 7.3.2, per facilitare la posa e la finitura del conglomerato cementizio potranno essere eventualmente impiegati **additivi ritardanti** di presa conformi alle indicazioni riportate nel par. 13.1.5 e preventivamente autorizzati dalla Direzione Lavori.



Per i getti in clima caldo e, soprattutto se asciutto e ventilato, dovranno essere adottate le seguenti **precauzioni**:

- esecuzione dei getti al mattino, alla sera o di notte;
- impiego di cementi a basso calore d'idratazione;
- impiego di additivi superfluidificanti per il mantenimento della lavorabilità;
- proteggere adeguatamente le superfici del getto, per evitare eccessive variazioni termiche tra l'interno e la parte corticale dei getti;
- a fine getto, mantenere umide le superfici del calcestruzzo secondo quanto indicato al successivo par. 7.5.

Nel caso vengano utilizzati **getti di acqua nebulizzata**, la temperatura della stessa non dovrà essere inferiore di oltre 10°C rispetto a quella della superficie del calcestruzzo.

7.3.5 Riprese di getto

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che vengano eseguiti i **getti senza soluzione di continuità**, così da evitare ogni ripresa, anche se ciò comportasse il protrarsi del lavoro in giornate festive e la conduzione a turni. In nessun caso, l'Impresa potrà avanzare richieste di maggiori compensi.

Qualora debbano essere previste **riprese di getto**, sarà obbligo dell'Impresa procedere ad una preliminare rimozione, mediante scarifica con martello, dello strato corticale di calcestruzzo già parzialmente indurito. Tale superficie, che dovrà possedere elevata rugosità (asperità di circa 5 mm) verrà opportunamente pulita e bagnata per circa due ore prima del getto del nuovo strato di calcestruzzo.

7.3.5.1 *Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo fresco*

L'Impresa dovrà aver verificato, in fase di qualifica, che le caratteristiche della miscela possiedano requisiti tali da rendere compatibili i due getti, tenendo presente il tempo necessario per il ricoprimento del primo getto, il mantenimento della lavorabilità nel tempo, il tempo di presa del



calcestruzzo già gettato. All'atto del getto dello strato successivo, la consistenza dello strato di primo getto deve essere almeno tale da permettere la penetrazione della vibrazione per uno spessore di qualche centimetro.

A tal fine, l'Impresa potrà fare uso di **additivi ritardanti**, in modo da garantire tempi massimi per le interruzioni, senza compromettere le caratteristiche di monoliticità.

7.3.5.2 *Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito*

L'impresa deve predisporre una **superficie di ripresa**, realizzando una scarifica meccanica del calcestruzzo indurito, procedendo, prima del nuovo getto, al lavaggio della superficie di ripresa con acqua in pressione, in modo da eliminare la malta e lasciare esposto l'aggregato grosso.

Per l'eventuale utilizzo di **prodotti filmogeni** vale quanto riportato al par. 13.1.5

Tra le diverse riprese di getto non dovranno presentarsi distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore. In caso contrario, deve provvedere ad applicare adeguati **trattamenti superficiali** concordati con ANAS.

Qualora alla struttura sia richiesta la **tenuta idraulica**, lungo la superficie scarificata verranno disposti dei giunti tipo "water-stop" in materiale bentonitico idroespansivo. I profili "water-stop" saranno opportunamente fissati e disposti secondo le indicazioni progettuali e della Direzione Lavori, in maniera tale da non interagire con le armature.

7.4 Casseforme

L'Impresa comunicherà preventivamente alla Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare per realizzare i casseri e le relative opere di sostegno, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'Impresa stessa per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere provvisorie e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle. Il sistema prescelto dovrà comunque essere atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Nel caso di **casseratura a perdere**, inglobata nell'opera occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.



Nel caso di **calcestruzzi autocompattanti**, la maggiore spinta sui casseri andrà valutata secondo quanto specificato al § 4.2 delle già citate LL.GG. 2008.

7.4.1 Pulizia e trattamento delle casseforme

Prima del getto, le casseforme dovranno essere pulite, per l'eliminazione di qualsiasi traccia di materiale che possa compromettere l'estetica del manufatto quali polvere, terriccio, ecc.

In ogni caso, l'Impresa avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti **disarmanti** disposti in strati omogenei continui. Su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato il medesimo prodotto. Qualora sia previsto l'utilizzo di calcestruzzi colorati o con cemento bianco, l'impiego dei disarmanti dovrà essere subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto non alteri il colore delle superfici.

Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto e sigillate con idoneo materiale per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia.

Nel caso di utilizzo di **casseforme impermeabili**, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto, si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà avvenire contemporaneamente al getto.

7.4.2 Predisposizione di fori, tracce e cavità

L'Appaltatore avrà l'obbligo di predisporre, in corso di esecuzione, quanto è previsto nei disegni costruttivi per ciò che concerne fori, tracce, cavità, incassature, ecc., per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere interruttive, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti, ecc..

7.5 Stagionatura e disarmo



7.5.1 Prevenzione delle fessure da ritiro plastico sulle superfici non cassate

Le **superfici in calcestruzzo non cassate**, al termine della messa in opera e successiva compattazione, devono essere stagionate e protette dalla rapida evaporazione dell'acqua di impasto e dall'essiccamento degli strati superficiali (fenomeno particolarmente insidioso in caso di elevate temperature ambientali e forte ventilazione).

Per consentire una **corretta stagionatura**, è necessario mantenere costantemente umida la struttura realizzata; l'Impresa è responsabile della corretta esecuzione della stagionatura che potrà essere condotta mediante:

- l'applicazione, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di **additivi stagionanti (agenti di curing)**, conformemente a quanto già specificato al precedente § 13.1.5;
- l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata, con temperature della stessa non inferiori di oltre 10°C rispetto a quelle della superficie del getto;
- la copertura delle superfici del getto con fogli di polietilene, sacchi di iuta o tessuto non tessuto mantenuto umido, in modo che si eviti la perdita dell'acqua di idratazione;
- la creazione attorno al getto, con fogli di polietilene od altro, di un ambiente mantenuto saturo di umidità;
- la creazione, nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, di un cordolo perimetrale (in sabbia od altro materiale rimovibile) che permetta di mantenere la superficie completamente ricoperta da un costante velo d'acqua.

La costanza della composizione degli **agenti di curing** dovrà essere verificata, a cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Impresa, al momento del loro approvvigionamento.

I **prodotti filmogeni** di protezione non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate e/o ricoperte con altri materiali, a meno di non prevedere la loro rimozione prima delle altre applicazioni.

Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti per un periodo di tempo non inferiore a quello indicato al prospetto E.1 della UNI EN 13670-1.



Qualora dovessero insorgere esigenze particolari, per sospendere la maturazione esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla Direzione dei Lavori.

Per calcestruzzi con classe di resistenza a compressione maggiore o uguale di C40/50, la maturazione deve essere curata in modo particolare.

Qualora sulle superfici orizzontali, quali solette di ogni genere o pavimentazioni, si rilevino **fenomeni di ritiro plastico con formazione di fessure** di apertura superiore a quanto indicato al precedente par. 2.1, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese alla protezione o alla sigillatura delle fessure come indicato al succitato par. 2.1.

Di norma, viene esclusa la **accelerazione dei tempi di maturazione con trattamenti termici** per i conglomerati gettati in opera. In casi particolari, la Direzione Lavori potrà autorizzare l'uso di tali procedimenti dopo l'esame e verifica diretta delle modalità proposte, che dovranno rispettare comunque quanto previsto ai seguenti paragrafi.

Resta inteso che, durante il periodo della stagionatura, i getti dovranno essere riparati da possibilità di urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

7.5.2 Rimozione dei casseri e maturazione umida

Si potrà procedere alla **rimozione delle casseforme** dai getti quando saranno state raggiunte le resistenze minime prescritte in progetto per eseguire tale operazione. In assenza di specifiche prescrizioni, l'Impresa dovrà attenersi a quanto stabilito all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008).

La rimozione dei casseri e dei relativi puntelli, comunque, dovrà essere effettuata non prima che il calcestruzzo, in funzione della classe di resistenza, del tipo di cemento impiegato e delle condizioni ambientali, del tipo di manufatto, abbia raggiunto una resistenza meccanica adeguata a non subire danni durante e in conseguenza delle operazioni di disarmo.

Normalmente, la permanenza nei casseri a contatto con una superficie in calcestruzzo ne assicura una stagionatura protetta.

Qualora, fatto salvo quanto detto ad inizio del presente §, la rimozione del cassero da una superficie avvenga prima che sia trascorso il tempo minimo di stagionatura definito nel prospetto E.1 della UNI EN 13670-1, dovranno essere predisposte azioni atte a garantire il completamento della stagionatura umida, utilizzando una o più **precauzioni** tra quelle di seguito elencate:



- l'applicazione, sulle superfici scasserate, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di **additivi stagionanti (agenti di curing)**, conformemente a quanto già specificato al precedente § 13.1.5;
- l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata, assicurandosi che la temperatura della stessa non si discosti di oltre 10°C rispetto a quella della superficie del calcestruzzo;
- la copertura delle superfici del getto con fogli di polietilene, sacchi di iuta o tessuto non tessuto mantenuto umido, in modo che si eviti la perdita dell'acqua di idratazione;
- la creazione attorno al getto, con fogli di polietilene od altro, di un ambiente mantenuto saturo di umidità.

Per l'uso degli **agenti di curing**, valgono le stesse limitazioni elencate al precedente par7.5.1.

7.5.3 Maturazione accelerata con trattamenti termici

La **maturazione accelerata** dei conglomerati cementizi con trattamenti termici sarà permessa qualora siano state condotte indagini sperimentali sul trattamento che si intende adottare.

In particolare, si dovrà verificare che la resistenza meccanica del calcestruzzo soddisfi comunque i requisiti richiesti nella Tabella 2 precedentemente riportata, anche se sottoposto allo specifico ciclo termico adottato; inoltre, dovranno essere rispettate le seguenti **prescrizioni**:

- la temperatura del conglomerato cementizio, durante le prime 3 ore dall'impasto, non deve superare i 30 °C;
- il gradiente di temperatura di riscaldamento e quello di raffreddamento non deve superare 15°C/h e dovranno essere ulteriormente ridotti qualora non sia verificata la condizione di cui al successivo punto ;
- la differenza di temperatura tra quella massima all'interno del conglomerato cementizio e ambiente a contatto con il manufatto non dovrà superare i 10 °C;
- la temperatura massima del calcestruzzo non dovrà, in media, superare i 65 °C;



- il controllo, durante la maturazione, dei limiti e dei gradienti di temperatura, dovrà avvenire con apposita apparecchiatura che registri l'andamento delle temperature nel tempo, sia all'interno che sulla superficie esterna dei manufatti;
- la procedura di controllo di cui al punto precedente dovrà essere rispettata anche per i conglomerati cementizi gettati in opera e maturati a vapore.

Il concetto di **resistenza caratteristica** è riferito a provini stagionati per 28 giorni a 20°C e UR > 95%.

Pertanto, anche per le opere sottoposte **maturazione accelerata** a temperature diverse da 20°C, è obbligatorio procedere all'esecuzione dei controlli di accettazione del calcestruzzo, nel rispetto di quanto indicato al precedente par. 6.3.1.1

In aggiunta a tali controlli, sarà comunque obbligatorio eseguire prove complementari (vedi precedente par. 6.3.1.1) su provini stagionati nelle stesse condizioni termo-igrometriche dell'opera (sottoposti allo stesso trattamento termico) e testati:

- immediatamente prima del momento previsto per il taglio dei trefoli o per la messa in tiro delle armature post tese;
- alla scadenza dei 28 giorni.

In ogni caso, i provini maturati nelle stesse condizioni termo-igrometriche della struttura, prelevati con la stessa frequenza e nelle stesse quantità previste per i controlli di cui al succitato par. 6.3.1.1, dovranno rispettare, a 28 giorni, le prescrizioni contenute nella già citata Tabella 2.

7.5.4 Regolarità delle superfici cassate

Eventuali **irregolarità o sbavature** presenti sulle superfici gettate contro cassero, qualora ritenute non tollerabili dalla Direzione Lavori a suo insindacabile giudizio, dovranno essere asportate mediante scarifica meccanica o manuale ed, i punti incidentalmente difettosi, dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo. Resta inteso, che gli oneri derivanti dalle suddette operazioni ricadranno totalmente a carico dell'Impresa.



Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 10 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Impresa mediante uno strato di materiali idonei che, a seconda dei casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

- malta reoplastica a ritiro compensato previa bagnatura a rifiuto delle superfici interessate;
- conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a 20 mm.

Eventuali ferri (fili, chiodi, reggette) che, con funzione di legatura, di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 5 mm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento.

7.6 Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio

È tassativamente prescritto che nelle strutture da eseguire con getto di conglomerato cementizio vengano realizzati **giunti di discontinuità** sia in elevazione che in fondazione onde evitare irregolari e imprevedibili fessurazioni delle strutture stesse, per effetto di escursioni termiche, di fenomeni di ritiro e di eventuali assestamenti.

Tali giunti vanno praticati ad intervalli ed in posizioni opportunamente scelte, tenendo anche conto delle particolarità della struttura (gradonatura della fondazione, ripresa fra vecchie e nuove strutture, attacco dei muri andatori con le spalle dei ponti e viadotti, ecc.).

I giunti dovranno essere conformi alle indicazioni di progetto e saranno ottenuti ponendo in opera, con un certo anticipo rispetto al getto, appositi setti di materiale idoneo, da lasciare in posto, in modo da realizzare superfici di discontinuità (piane, a battente, a maschio e femmina, ecc.) affioranti faccia a vista, secondo linee rette continue o spezzate.

I giunti, come sopra illustrati, dovranno essere realizzati a cura e spese dell'Impresa, essendosi tenuto debito conto di tale onere nella formulazione dei prezzi di elenco relativi alle singole tipologie di conglomerato.

Solo nel caso in cui è previsto in progetto che il giunto sia munito di apposito **manufatto di tenuta o di copertura**, l'Elenco Prezzi prevede espressamente le voci relative alla speciale conformazione del giunto, unitamente alla fornitura e posa in opera dei manufatti predetti, con le specificazioni di tutti i particolari oneri che saranno prescritti per il perfetto definitivo assetto del giunto. I



manufatti di tenuta o di copertura dei giunti possono essere costituiti da elastomeri a struttura etilenica (stirolo butadiene), a struttura paraffinica (bitile), a struttura complessa (silicone poliuretano, polioossipropilene, polioossicloropropilene o da elastomeri etilenici cosiddetti protetti (neoprene).

In luogo dei manufatti predetti, potrà essere previsto l'impiego di **sigillanti**. I sigillanti possono essere costituiti da sostanze oleo-resinose, bituminose-siliconiche a base di elastomeri polimerizzabili o polisolfuri, che dovranno assicurare la tenuta all'acqua, l'elasticità sotto le deformazioni previste, una aderenza perfetta alle pareti, ottenuta anche a mezzo di idonei primer, non colabili sotto le più alte temperature previste e non rigidi sotto le più basse, mantenendo il più a lungo possibile nel tempo le caratteristiche di cui sopra dopo la messa in opera.

E' tassativamente proibita l'esecuzione di giunti obliqui formanti angolo diedro acuto (muro andatore, spalla ponte obliquo, ecc.). In tali casi, occorre sempre modificare l'angolo diedro acuto, in modo tale da formare con le superfici esterne delle opere da giuntare angoli diedri non inferiori ad un angolo retto, con facce piane di conveniente larghezza in relazione al diametro massimo degli inerti impiegati nel confezionamento del conglomerato cementizio di ogni singola opera.

Nell'esecuzione dei **manufatti contro terra** il progetto dovrà tenere conto, in numero sufficiente ed in posizione opportuna, dell'esecuzione di appositi **fori per l'evacuazione delle acque di infiltrazione**. Le indicazioni progettuali saranno il riferimento per l'Impresa, salvo indicazioni differenti da parte della Direzione dei Lavori. I fori dovranno essere ottenuti mediante preventiva posa in opera nella massa del conglomerato cementizio di tubi a sezione circolare o di profilati di altre sezioni di PVC o simili. Per la formazione dei fori, l'Impresa avrà diritto al compenso previsto nella apposita voce dell'Elenco Prezzi, comprensiva di tutti gli oneri e forniture per dare il lavoro finito a regola d'arte.

7.7 Armature per c.a.

Nella **posa in opera** delle armature metalliche entro i casseri, è prescritto l'impiego di opportuni **distanziatori** prefabbricati in conglomerato cementizio o in materiale plastico, al fine di garantire gli spessori di copriferro previsti in progetto; lungo le pareti verticali, si dovrà ottenere il necessario distanziamento esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori ad anello; sul fondo dei casseri, dovranno essere impiegati distanziatori del tipo approvato dalla Direzione Lavori. L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate.

Le **gabbie di armatura** dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; in ogni caso, in corrispondenza di tutti i nodi, saranno eseguite **legature** doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm, in modo da garantire la invariabilità della geometria della



gabbia durante il getto. L'Impresa dovrà inoltre adottare tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante le operazioni di getto.

Il **diametro di piegatura** deve essere tale da evitare sia fessure nella barra che la rottura del calcestruzzo all'interno della piegatura. Per i valori minimi da adottare, ci si riferisce alle prescrizioni contenute nella UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) al § 8.3

Tabella 12 **Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate.**

Diametro barra	Diametro minimo del mandrino per piegature, uncini e ganci
$\varnothing \leq 16 \text{ mm}$	4 \varnothing
$\varnothing > 16 \text{ mm}$	7 \varnothing

NOTA Alla consegna in cantiere, l'Impresa avrà cura di depositare l'acciaio in luoghi protetti dagli agenti atmosferici. In particolare, per quei cantieri posti ad una distanza inferiore a 2 km dal mare, le barre di armatura dovranno essere protette, con appositi teli, dall'azione dell'aerosol marino.

È a carico dell'Impresa l'onere della posa in opera delle armature metalliche, anche in presenza di acqua o fanghi bentonitici, nonché i collegamenti equipotenziali.

Per le **barre in acciaio zincato** il trattamento di zincatura a caldo potrà essere effettuato prima o dopo la lavorazione e piegatura delle barre, salvo diversa prescrizione che la Direzione Lavori si riserva d'impartire in corso d'opera. Quando la zincatura viene effettuata prima della piegatura, eventuali scagliature del rivestimento di zinco nella zona di piegatura ed i tagli dovranno essere trattati con ritocchi di primer zincante organico bi-componente, dello spessore di 80-100 micron.



7.8 Armature di precompressione

Valgono le prescrizioni contenute nel "CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO – Opere d'Arte Maggiori – Ponti e Viadotti", integrate con quanto indicato nei sub paragrafi di seguito dedicati ai sistemi di precompressione.

L'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alle prescrizioni contenute nei calcoli statici e nei disegni esecutivi per tutte le disposizioni costruttive ed, in particolare, per quanto riguarda:

- il tipo, il tracciato, la sezione dei singoli cavi;
- le fasi di applicazione della precompressione;
- la messa in tensione da uno o da entrambi gli estremi;
- le eventuali operazioni di ritaratura delle tensioni;
- i dispositivi speciali come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.

Oltre a quanto prescritto dalle vigenti norme di legge, nella posa in opera delle armature di precompressione si precisa che l'Impresa dovrà assicurarne l'esatto posizionamento mediante l'impiego di appositi supporti realizzati, ad esempio, con pettini in tondini d'acciaio.

7.8.1 Fili, barre e trefoli

Rotoli e bobine di fili, trecce e trefoli provenienti da diversi stabilimenti di produzione devono essere tenuti distinti: un cavo non dovrà mai essere formato da fili, trecce o trefoli provenienti da stabilimenti diversi.

I **fili** di acciaio dovranno essere del tipo autoraddrizzante e non dovranno essere piegati durante l'allestimento dei cavi. Devono essere forniti in rotoli di diametro tale che, all'atto dello svolgimento, allungati al suolo su un tratto di 10 m non presentino curvatura con freccia superiore a 400 mm; il produttore deve indicare il diametro minimo di avvolgimento. Le legature dei fili, trecce e trefoli costituenti ciascun cavo dovranno essere realizzati con nastro adesivo ad intervallo di 70 cm.



Allo scopo di assicurare la centratura dei cavi nelle guaine si prescrive l'impiego di una **spirale** costituita da una treccia di acciaio armonico del diametro di 6 mm, avvolta intorno ad ogni cavo con passo di 80-100 cm.

I filetti delle **barre** e dei manicotti di giunzione dovranno essere protetti fino alla posa in opera con prodotto antiruggine privo di acidi.

Se l'**agente antiruggine** è costituito da grasso, è necessario sia sostituito con olio prima della posa in opera per evitare che all'atto dell'iniezione gli incavi dei dadi siano intasati di grasso.

Nel caso sia necessario dare alle barre una configurazione curvilinea, si dovrà operare soltanto a freddo e con macchina a rulli.

Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento. All'atto della posa in opera, gli acciai devono presentarsi privi di saldature, ossidazione, corrosione e difetti superficiali visibili.

I **cavi inguainati monotrefolo** dovranno essere di tipo compatto, costituiti da trefolo in fili di acciaio a sezione poligonale, rivestiti con guaina tubolare in polietilene ad alta densità intasata internamente con grasso anticorrosivo ad alta viscosità, stabile ed idoneo all'uso specifico. Le **piastre di ripartizione** dovranno essere in acciaio zincato, a tenuta stagna; i **cappellotti** di protezione terminali dovranno essere zincati e provvisti di guarnizione in gomma antiolio, da calzare sui cilindretti e fissare con viti zincate ai terminali riempiti con grasso dopo la tesatura dei trefoli.

7.8.2 Tesatura delle armature di precompressione

L'Impresa, durante le operazioni di **tesatura** dovrà registrare, su appositi moduli, da consegnare in copia alla Direzione Lavori, i tassi di precompressione e gli allungamenti totali o parziali di ciascun trefolo o cavo della struttura.

Nelle strutture ad armatura pre-tesa, le armature di precompressione dovranno essere ricoperte dal conglomerato cementizio per tutta la loro lunghezza.

7.8.3 Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. nuove



Nelle strutture in conglomerato cementizio armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, è necessario che le guaine vengano iniettate con **boiaccia di cemento reoplastica, fluida pompabile ed a ritiro compensato** (è richiesto un leggero effetto espansivo).

Tale boiaccia sarà preferibilmente pronta all'uso previa aggiunta di acqua, in alternativa potrà essere ottenuta da una miscelazione in sito di cemento, aggiunte minerali, additivi superfluidificanti, eventuali additivi antiritiro, agenti espansivi non metallici e modificatori di viscosità ed acqua nel qual caso le singole materie prime impiegate dovranno rispettare i requisiti indicati nel capitolo 13.1.

Sia le boiacche premiscelate pronte all'uso che quelle prodotte in cantiere, dovranno soddisfare i **requisiti** riportati al § 6 della UNI EN 447, in termini di:

- prova di setacciatura;
- fluidità;
- bleeding;
- cambiamento di volume;
- resistenza meccanica;
- tempo di presa;
- densità.

Le prove verranno eseguite nel rispetto delle modalità riportate nella UNI EN 445.

La **posa in opera della boiaccia** dovrà essere preceduta da una **valutazione dell'idoneità**, con le modalità riportate nel § 6 della UNI EN 446.

Nelle operazioni di iniezione dovranno essere seguite le prescrizioni riportate nella UNI EN 446. In aggiunta, valgono le seguenti ulteriori prescrizioni:

- la misura della **fluidità** delle boiacche di iniezione, eseguita con la prova del cono di Marsh (§ 4.3.1 della UNI EN 445), dovrà rispettare le indicazioni aggiuntive riportate al seguente § 7.8.3.1;
- la misura di fluidità dovrà essere eseguita, per ogni impasto, all'entrata delle guaine e per ogni guaina all'uscita; l'iniezione continuerà finché la fluidità della boiaccia in uscita sarà paragonabile a quella in entrata. Si dovrà provvedere con appositi contenitori, affinché la



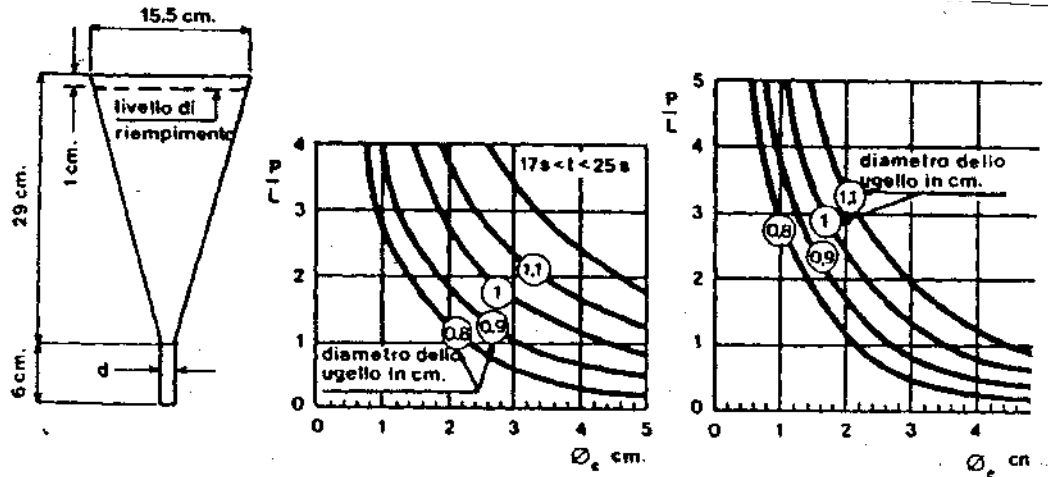
boiaccia di sfrido non venga scaricata senza alcun controllo sull'opera o attorno ad essa. Una più accurata pulizia delle guaine ridurrà l'entità di questi sfridi

- l'**impastatrice** dovrà essere del tipo ad alta velocità, almeno 4000÷5000 giri/min (con velocità tangenziale minima di 14 m/sec). È **proibito l'impasto a mano**, il tempo di mescolamento verrà fissato di volta in volta, in base ai valori di fluidità desunti dalla misura al cono di *Marsh*;
- indipendentemente dal soddisfacimento della prova di setacciatura, prima di essere immessa nella pompa, la boiaccia dovrà essere vagliata con setaccio avente maglia di 2 mm di lato;
- è tassativamente prescritta la disposizione di **tubi di sfiato** in corrispondenza di tutti i punti più elevati di ciascun cavo, comprese le trombette ed i cavi terminali. Ugualmente, dovranno esserci tubi di sfiato nei punti più bassi dei cavi lunghi e con forte dislivello. All'entrata di ogni guaina dovrà essere posto un rubinetto, valvola o altro dispositivo, atti a mantenere, al termine dell'iniezione, la pressione entro la guaina stessa per un tempo di almeno 5 ore;
- l'**iniezione** dovrà avere carattere di continuità e non potrà venire assolutamente interrotta. In caso di interruzioni dovute a cause di forza maggiore e superiori a 5 minuti, il cavo verrà lavato e l'iniezione andrà ripresa dall'inizio.

7.8.3.1 Misura della fluidità con il cono di *Marsh*

L'apparecchio dovrà essere costruito in acciaio inossidabile ed avere forma e dimensioni riportate nella seguente Figura 10.1, con ugello intercambiabile di diametro variabile da 8 a 11 mm. La fluidità della boiaccia sarà determinata misurando il tempo totale di scolo di 1000 cm³ di boiaccia essendo il cono, inizialmente riempito con 2000 cm³ di prodotto. La scelta del diametro dell'ugello dovrà essere fatta sulla base degli abachi di cui alla Figura di seguito riportata, rispettivamente per cavi a fili e a trefoli.

Figura 10.1: Dimensioni cono di *Marsh* e abachi per scelta ugello di prova.



CONO DI MARSH

A FILI

A TREFOLI

Dove:

P = pressione dell'iniezione (g/cm^2)

L = lunghezza della guaina (cm)

$\phi_e = \sqrt{\phi G^2 - n \cdot \phi F}$ [diametro equivalente in funzione della guaina (ϕG), del diametro dei fili (ϕf) e del loro numero (n.)].

(2) Misura della essudazione della malta.

Si opera con una provetta graduata cilindrica (250 cm³, ϕ 6 cm, con 6 cm di malta). La provetta deve essere tenuta in riposo e al riparo dall'aria. La misura si effettua 3 ore dopo il mescolamento, con lettura diretta oppure con pesatura prima e dopo lo svuotamento con pipetta dell'acqua trasudata.

7.8.4 Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. esistenti

Le presenti norme regolano l'esecuzione di iniezioni con **miscela a bassa viscosità** delle guaine di cavi di precompressione di strutture in c.a.p. esistenti con grado di riempimento variabile.

A seconda del tipo di guaine da riempire, del loro numero e del loro grado di riempimento, dovrà essere deciso il tipo di materiale da usare (resine epossidiche pure o caricate o boiacche di cemento pronte all'uso) e le modalità d'iniezione (iniezione tradizionale, da più fori oppure iniezioni sotto vuoto).

Nel caso di riempimento di guaine completamente vuote, saranno sempre usati materiali di tipo cementizio.



7.8.4.1 *Requisiti comuni*

I prodotti impiegati per l'esecuzione di iniezioni a bassa viscosità dovranno essere conformi alle specifiche riportate nella UNI EN 1504-5.

In particolare, dovranno essere sempre soddisfatti i requisiti prestazionali riportati nel prospetto 3.a (prodotti per iniezione con capacità di trasmissione di forze).

7.8.4.2 *Sistemi epossidici*

Verranno utilizzati esclusivamente **sistemi epossidici** costituiti da resine bicomponente (A+B), soddisfacenti i requisiti prestazionali di cui al precedente par. 7.8.3 (per i prodotti di tipo P), oltre ai requisiti di identificazione riportati nel prospetto 2.a della UNI EN 1504-5.

La Direzione Lavori, a seconda delle presumibili dimensioni dei vuoti all'interno delle guaine ed in relazione alle circostanze emerse durante il lavoro di iniezione, potrà ordinare l'uso di **cariche** (per esempio cemento) che, comunque, dovranno essere di natura basica o neutra.

Dovranno essere, inoltre, rispettate le seguenti **prescrizioni**:

- **tempo di presa:** riferito al sistema epossidico puro, dovrà essere compatibile con le esigenze del lavoro e comunque non inferiore a 2 ore. Per particolari condizioni operative, la Direzione Lavori potrà richiedere tempi di presa superiori;
- **POT-LIFE** misurato (secondo SECAM) alla temperatura 23 ± 1 °C e umidità relativa del $65\pm 5\%$ in bicchiere di vetro della capacità di 100 cm^3 su quantità di 50 cm^3 di miscela (media su 5 prove);
- **viscosità:** riferita al sistema epossidico puro, non dovrà essere superiore a 180 cps a 23 ± 1 °C ed umidità relativa di $65\pm 5\%$. La sua determinazione potrà essere fatta mediante misura diretta o con tazza FORD 4 termostata (media su 5 prove);
- **ritiro:** dovrà risultare minore dello 0,19, misurato secondo norma UNI-PLAST 4285 (media su 5 prove);
- **comportamento in presenza d'acqua:** l'eventuale presenza di acqua nelle guaine non dovrà costituire impedimento alla policondensazione della miscela;



- **protezione chimica dei ferri d'armatura:** la miscela dovrà avere pH basico, compreso tra 10,5 e 12,5; tale valore verrà misurato sulla resina miscelata (A + B), nel rapporto di catalisi di fornitura, diluita con acqua distillata, per avere la necessaria bagnabilità del rilevatore.

7.8.4.3 Boiacche cementizie

Le **boiacche cementizie** per iniezioni ad elevata fluidità saranno **di tipo preconfezionato**, pronte all'uso con la semplice aggiunta di acqua, esenti da aggregati metallici, di viscosità molto bassa pur con rapporti acqua/cemento non superiori a 0,38 e soddisfacenti i requisiti di cui al precedente par. par. 7.8.3 per i prodotti di tipo H, nonché i requisiti di identificazione riportati nel prospetto 2.b della UNI EN 1504-5.

Dovranno essere, inoltre, rispettate le seguenti **prescrizioni**:

- **viscosità:** la viscosità verrà valutata con cono di *Marsh*, ugello da 12 mm; il tempo di scolo di 1000 cm³ non dovrà essere superiore a 30 sec nella boiaccia appena confezionata e dovrà mantenersi costante per almeno 30 min;
- **ritiro:** la boiaccia dovrà essere priva di ritiro; è preferibile un comportamento espansivo;
- **essudazione (bleeding):** il materiale dovrà esserne esente;
- **resistenza meccanica:** la resistenza meccanica alla compressione semplice su provini cubici di 7 o 10 cm di lato dovrà risultare non inferiore a 25 MPa dopo 3 giorni, 35 MPa dopo 7 giorni ed a 50 MPa dopo 28 giorni con una massa volumica degli stessi non inferiore a 18,5 kN/m³.

NOTA Le suddette caratteristiche dovranno essere definite per ogni lotto di miscela prodotta.

7.8.5 Modalità di iniezione

7.8.5.1 Iniezioni tradizionali

Preliminarmente, sulle travi nelle quali è stato già individuato il presumibile tracciato dei cavi di precompressione mediante misure geometriche effettuate con riferimento ai disegni di progetto e con l'ausilio di sondaggi eseguiti con apposita apparecchiatura elettromagnetica e/o ad



ultrasuoni, si dovrà procedere alla **localizzazione delle guaine** mediante tasselli effettuati con micro-demolitori (normalmente, con un passo di 3-4 m su ogni cavo, partendo dal centro della trave).

Non tutti i tasselli serviti per localizzare e valutare lo stato delle guaine saranno attrezzati per l'iniezione, ma soltanto quelli più idonei; su di essi si applicheranno i **tubetti d'iniezione** provvisti di apposita cuffia, da sigillare con paste collanti epossidiche, previa accurata pulizia del supporto; qualora la profondità del tassello sia rilevante, la pasta collante sarà stesa in più strati successivi. Le stuccature dovranno essere impermeabili al tipo di materiale usato nell'iniezione e, nel caso di iniezioni sottovuoto, dovranno permettere la formazione di quest'ultimo. Tubetti di iniezione verranno introdotti anche nei fori degli ancoraggi dei cavi, preliminarmente scoperti e puliti, eventualmente riperforati con trapano, quindi stuccati con la pasta di cui sopra.

I tasselli non utilizzati per l'iniezione delle guaine saranno chiusi mediante malta reoplastica fluida non segregabile, tixotropica, a basso calore d'idratazione, priva di ritiro, ad elevata resistenza meccanica ed elevato potere adesivo all'acciaio ed al conglomerato cementizio. La stuccatura verrà rinforzata e supportata con una rete elettrosaldata debitamente ancorata, mediante saldature o legature alle armature esistenti. Si procederà, inoltre, a stuccature e riparazioni di zone di conglomerato cementizio poroso, vespai ecc., in modo da chiudere possibili vie di uscita dei materiali di iniezione. Tali stuccature saranno effettuate con paste a base epossidica e, quando previsto dal progetto, anche rinforzate con reti metalliche.

Dopo almeno 48 ore dall'ultimazione della stuccatura, si procederà alla soffiatura all'interno delle guaine, per eliminare eventuali sacche d'acqua e per valutare la consistenza dei vuoti nei vari tratti.

Si procederà quindi alla **iniezione della miscela**, scegliendo il punto iniziale in base alle risultanze della soffiatura.

In linea di massima, sarà conveniente partire dai fori di iniezione in mezzera della trave, dove sono in comunicazione gran parte delle guaine e procedere sino alla fuoriuscita (se possibile) della miscela dai primi tubetti posti ai lati del punto di iniezione.

Si inietteranno poi questi ultimi e, successivamente, quelli adiacenti, in successione, fino ad ottenere la fuoriuscita della miscela dalle testate dei cavi.

Naturalmente, i tubi già iniettati dovranno essere man mano sigillati. La **pressione d'iniezione** dovrà essere la più bassa possibile, compatibilmente con l'esigenza di ottenere un buon riempimento dei cavi e, comunque, in nessun caso si dovranno superare i 5 bar.



7.8.5.2 Iniezioni sottovuoto

Potranno essere usate tecniche di **iniezione sottovuoto**, cioè provocando con apposita attrezzatura aspirante un vuoto dell'ordine di 1 bar nelle cavità da iniettare ed ammettendo poi il materiale di riempimento.

Le modalità di preparazione di fori di iniezione e la loro ubicazione sono analoghe a quelle descritte per le iniezioni tradizionali, con la variante che sarà necessario, una volta decisi i punti in cui applicare gli iniettori, effettuare una prima valutazione della possibilità di creare il vuoto e dell'entità del volume delle cavità presenti.

La prima valutazione tende ad individuare la necessità o meno di effettuare gli interventi di tenuta e le zone dove dovranno essere eseguite tali stuccature; la seconda a stimare i consumi e, principalmente, a controllare, a iniezione terminata, che tutti i vuoti valutati siano stati riempiti.

A seconda dell'attrezzatura disponibile, la valutazione si effettuerà tramite misura (con contaltri) del volume d'aria ammesso nella cavità, dopo aver effettuato il vuoto, oppure in base alla legge di *Boyle-Mariotte*.

A questo punto, si procederà alle **iniezioni** vere e proprie con il materiale di riempimento prescelto; il materiale introdotto nella cavità per azione del vuoto dovrà, a passaggio terminato, essere posto sotto una pressione di 2-3 bar prima del bloccaggio del tubo d'iniezione.

Occorrerà anche valutare il volume del materiale entrato, in genere misurando il consumo in chilogrammi e passando al volume (V_m) per tramite del peso specifico del materiale stesso, oppure valutando direttamente il volume del materiale iniettato.

Il rapporto $V_m/V_1 \cdot 100$ (grado di riempimento) verrà indicato per ogni singola iniezione.

7.8.6 Prove

Per accertare la rispondenza ai requisiti richiesti, i materiali dovranno essere sottoposti a prove presso un **laboratorio accreditato** di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, con la frequenza indicata dalla Direzione Lavori.

7.9 Malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione



Per quanto riguarda le **malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione** la preparazione del sottofondo, l'asportazione del calcestruzzo contaminato o degradato dovrà essere eseguita mediante martelletti leggeri, alimentati ad aria compressa o mediante macchine idrodemolitrici (preferibile nel caso degli spessori più elevati). Dopo l'asportazione del calcestruzzo contaminato, la superficie del supporto dovrà essere microscopicamente ruvida con asperità di 5 mm. Nel caso di degrado limitato a pochi mm, la preparazione del supporto potrà avvenire mediante sabbiatura o idrosabbiatura. Per quanto riguarda altre indicazioni sulla posa in opera e la stagionatura, valgono le indicazioni generali sopra riportate e riassunte nelle Tabelle A.10.4 e A.10.5 riportate nell'Allegato 10 al par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Relativamente ai **sistemi di protezione delle armature metalliche contro la corrosione**, in forma di vernici resinose o boiacche cementizie additivate, da applicare sulla superficie delle barre esistenti e/o di quelle aggiunte la loro applicazione dovrà essere eseguita sulla superficie delle armature metalliche previa asportazione preventiva di tutti i depositi ed i prodotti di corrosione mediante spazzolatura meccanica, sabbiatura o idrosabbiatura.

7.10 Tolleranze di esecuzione

La Direzione Lavori procederà sistematicamente, sia in corso d'opera che a struttura ultimata, alla verifica delle quote e delle dimensioni indicate nel progetto esecutivo.

Nelle opere finite, gli **scostamenti ammissibili (tolleranze) "S"** rispetto alle dimensioni e/o quote dei progetti sono riportate di seguito per i vari elementi strutturali:

- Fondazioni: plinti, platee, solettoni, ecc.:
 - posizionamento rispetto alle coordinate di progetto: $S = \pm 2,0\text{cm}$
 - dimensioni in pianta: $S = - 3,0\text{ cm o } + 5,0\text{ cm}$
 - dimensioni in altezza (superiore): $S = - 0,5\text{ cm o } + 2,0\text{ cm}$
 - quota altimetrica estradosso: $S = - 0,5\text{ cm o } + 2,0\text{ cm}$
- Strutture in elevazione: pile, spalle, muri, ecc.:
 - posizionamento rispetto alle coordinate degli allineamenti di progetto: $S = \pm 2,0\text{ cm}$



- dimensione in pianta (anche per pila piena): $S = - 0,5 \text{ cm o } + 2,0 \text{ cm}$
- spessore muri, pareti, pile cave o spalle: $S = - 0,5 \text{ cm o } + 2,0 \text{ cm}$
- quota altimetrica sommità: $S = \pm 1-5 \text{ cm}$
- verticalità per $H \leq 600 \text{ cm}$: $S = \pm 2-0 \text{ cm}$
- verticalità per $H > 600 \text{ cm}$: $S = \pm H/12$
- Solette e solettoni per impalcati, solai in genere:
 - spessore: $S = -0,5 \text{ cm o } + 1,0 \text{ cm}$
 - quota altimetrica estradosso: $S = \pm 1,0 \text{ cm}$
- Vani, cassette, inserterie:
 - posizionamento e dimensione vani e cassette: $S = \pm 1,5 \text{ cm}$
 - posizionamenti inserti (piastre, boccole): $S = \pm 1,0 \text{ cm}$

NOTA In ogni caso, gli scostamenti dimensionali negativi non devono ridurre i copriferri minimi prescritti dal progetto.

Per le tolleranze sopra riportate sono **possibili variazioni** qualora:

- nel progetto esecutivo siano stati indicati valori differenti per gli scostamenti ammessi;
- la Direzione dei Lavori, per motivate necessità, faccia esplicita richiesta di variazione dei valori.

8 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

8.1 Norme generali



Sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i **disegni contabili** delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.

Detti disegni contabili, da predisporre su **supporto informatico** e - in almeno duplice copia - su **supporto cartaceo**, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione Lavori per il necessario e preventivo controllo e verifica, da effettuare sulla base delle misurazioni eseguite in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.

Tale documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

La suddetta documentazione contabile resterà di proprietà dell'Amministrazione committente.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

- i lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla Direzione dei Lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori;
- i lavori da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore e, quindi, confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto di Appalto. Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto, il corrispettivo da accreditare nei S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera. A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la Direzione dei Lavori provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.



8.2.1 Conglomerati cementizi

I **conglomerati cementizi**, sia di fondazione che di elevazione, armati o semplici, normali o precompressi, saranno computati a volume, con metodi geometrici, secondo i corrispondenti tipi e classi, in base alle prescrizioni di cui alle presenti Norme Tecniche.

Le misurazioni di controllo, che saranno effettuate sul vivo (dedotti i vani o i materiali di diversa natura presenti nei suddetti conglomerati, dovranno essere contabilizzati con i relativi articoli di cui all'Elenco Prezzi.

In ogni caso, non saranno dedotti:

- i volumi del ferro di armatura;
- i volumi dei cavi per la precompressione;
- i vani di volume minore o uguale a $0,20 \text{ m}^3$ ciascuno, intendendosi compreso l'eventuale maggiore magistero richiesto, anche per la formazione di feritoie regolari e disposte regolarmente

Si specifica, inoltre, che gli articoli di Elenco Prezzi comprendono tutti gli oneri descritti nelle presenti Norme Tecniche, con particolare riferimento a:

- la fornitura a piè d'opera di tutti i materiali occorrenti (aggregati, acqua, aggiunte minerali, additivi, acceleranti, ritardanti, leganti, ecc.;
- la mano d'opera;
- i ponteggi e le impalcature;
- le attrezzature ed i macchinari per la confezione;
- la sistemazione delle carpenterie e delle armature metalliche;
- l'esecuzione dei getti da realizzare senza soluzione di continuità, in modo da evitare ogni ripresa, impiegando anche manodopera su più turni ed in giornate festive (ove necessario);
- l'eventuale esaurimento dell'acqua nei casseri;
- la vibrazione;



- la predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, ecc.;
- il taglio di filo, chiodi, reggette con funzione di legatura di collegamento dei casseri con la sigillatura degli incavi e la regolarizzazione delle superfici nel getto;
- la necessità di coordinare le attività, qualora l'Appaltatore dovesse affidare i lavori di protezione superficiale dei conglomerati cementizi a ditte specializzate;
- le prove ed i controlli, con la frequenza indicata nelle presenti Norme Tecniche, ovvero prescritta dalla Direzione Lavori e, infine, quant'altro occorra per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte

Non sono compresi negli articoli di cui sopra gli oneri per:

- le casseforme, salvo quanto diversamente specificato nelle voci di elenco Prezzi;
- le centinature e le armature di sostegno delle casseforme, salvo quelle per getti di luce retta inferiore a quanto indicato nei relativi articoli di elenco Prezzi.

I suddetti articoli verranno contabilizzati con i relativi articoli di Elenco Prezzi.

Si prevede, inoltre, che nel caso di **sospensione dei getti** per effetto di un abbassamento della temperatura atmosferica ordinata dalla Direzione Lavori, l'Impresa non avrà diritto ad alcun risarcimento, come pure non potrà richiedere alcun compenso per particolari accorgimenti da adottarsi nel caso di esecuzione dei getti a basse temperature.

8.2.2 Casseforme

Le **casseforme** saranno contabilizzate a parte, solo per quanto sia esplicitamente indicato negli articoli di Elenco Prezzi; i suddetti articoli comprendono tutti gli oneri, le forniture e le prestazioni relative a materiali, mano d'opera, noli, armo, disarmo, sfrido, trasporti, disarmanti, ecc.

In particolare, le casseforme saranno computate in base allo sviluppo delle facce interne a contatto del conglomerato cementizio, ad opera finita.



Le **armature di sostegno** verranno contabilizzate a parte, solo per quanto sia esplicitamente indicato negli articoli di Elenco Prezzi, che comprendono tutti gli oneri, le forniture e le prestazioni relative a materiali, mano d'opera, noli, armo, disarmo, sfrido, trasporti, disarmanti, ecc., necessari per la loro esecuzione.

8.2.3 Acciaio per c.a. e c.a.p.

L'**acciaio** in barre per armatura di **conglomerati cementizi normali** sarà computato in base al peso teorico dei vari diametri nominali indicati nei progetti esecutivi, trascurando le quantità superiori alle indicazioni di progetto, le legature, gli eventuali distanziatori e le sovrapposizioni per le giunte non previste o non necessarie, intendendosi come tali anche quelle che collegano barre di lunghezza inferiore a quella commerciale.

Il peso degli acciai sarà determinato con metodo analitico, misurando lo sviluppo teorico di progetto di ogni barra e moltiplicando per la corrispondente massa lineare nominale di progetto.

Relativamente al peso di **trefoli o trecce** di acciaio per le strutture in **conglomerato cementizio precompresso**, questo sarà determinato moltiplicando il loro sviluppo teorico (compreso tra le facce esterne degli apparecchi di appoggio) per il peso dell'unità di misura determinato mediante pesatura.

Il peso dell'acciaio in barre per calcestruzzi precompressi sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto delle barre (compreso tra le facce esterne degli apparecchi di ancoraggio) per il peso unitario della barra, calcolato in funzione del diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio, pari a 7,85 kg/dm³.

Per quanto concerne, infine, il peso dell'acciaio per le strutture in conglomerato cementizio armato precompresso sia con il sistema a fili aderenti che con il sistema a cavi scorrevoli, questo sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto dei cavi (compreso tra le facce esterne degli apparecchi di bloccaggio) per il numero dei fili ovvero dei fili componenti il cavo per il peso unitario dei fili stessi, calcolato in funzione del diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio, pari a 7,85 kg/dm³.

Si evidenzia, inoltre, come l'articolo di Elenco Prezzi dell'acciaio per strutture in conglomerato cementizio armato precompresso comprenda la fornitura dell'acciaio, nonché la fornitura e la posa in opera dei materiali e dispositivi necessari alla realizzazione dei diversi tipi di sistemi di precompressione sopra citati, nonché tutti gli oneri necessari per dare l'acciaio in opera in perfetta regola d'arte.



9 **NON CONFORMITÀ E SANZIONI**

9.1 **Conglomerati cementizi**

Il calcestruzzo con **lavorabilità** inferiore, a discrezione della Direzione Lavori, potrà essere:

- respinto (l'onere della nuova fornitura in tal caso resta in capo all'Impresa);
- accettato se esistono le condizioni, in relazione alla difficoltà di esecuzione del getto, per poter conseguire un completo riempimento dei casseri ed una completa compattazione

Tutti gli oneri derivanti dalla maggior richiesta di compattazione restano a carico dell'Impresa.

In merito alla valutazione della sanzione prevista, qualora la **resistenza caratteristica** riscontrata risultasse minore di non più del 10% rispetto a quella della classe indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, effettuerà una determinazione sperimentale della resistenza meccanica del conglomerato in opera e, successivamente, una verifica della sicurezza.

Qualora tale verifica dia esito positivo, il conglomerato cementizio verrà accettato, ma il lotto non soddisfacente i requisiti richiesti verrà decurtato in misura pari al 15% del suo valore.

Nel caso in cui la resistenza caratteristica riscontrata risulti minore di quella richiesta di oltre il 10%, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spesa, alla demolizione ed al rifacimento dell'opera, oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, per diventare operativi.

Nessun indennizzo sarà dovuto all'Impresa se la classe di resistenza risulterà maggiore di quella indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto.

Le stesse modalità verranno applicate ai manufatti prefabbricati.



Nelle opere in cui venissero richiesti **giunti di dilatazione o contrazione**, ovvero **giunti speciali aperti a cuneo**, secondo i tipi approvati dalla Direzione Lavori, l'onere relativo all'esecuzione della sede del giunto, compreso quelli di eventuali casseforme, si intende compreso negli articoli di Elenco Prezzi per le murature in genere ed i conglomerati cementizi.

Nel caso di **ripristino di elementi strutturali**, con la frequenza che riterrà opportuna, la Direzione Lavori eseguirà in corso d'opera le prove di controllo dei requisiti.

Qualora, dalle prove eseguite, risultassero valori inferiori di non più del 10% rispetto a quelli indicati nelle presenti Norme Tecniche o previsti in progetto, la Direzione Lavori, d'intesa con il progettista, effettuerà una verifica della sicurezza statica dell'elemento strutturale soggetto a ripristino/adeguamento.

Nel caso che tale verifica dia esito positivo, il materiale verrà accettato, ma il valore della lavorazione verrà decurtata del 25% per tutte le superfici ed i volumi su cui si è operato, oltre che per tutti i prezzi e sovrapprezzi con cui è stata compensata.

Qualora i valori risultassero minori di oltre il 10% rispetto a quelli richiesti e, nel caso in cui, sussistano contemporaneamente più difetti, qualunque siano i valori di scostamento riscontrati rispetto alle previsioni progettuali, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spesa, alla rimozione dei materiali già posti in opera ed al loro ripristino.

Qualora si evidenziassero **microfessure**, se l'incidenza dell'area fessurata risulterà inferiore al 20% dell'area totale di interventi, su tali superfici (o volumi) verrà applicata la sanzione del 25% per tutti i prezzi ed i sovrapprezzi con i quali è stato compensato il lavoro non idoneo.

Se l'incidenza delle aree fessurate sarà superiore al suddetto 20%, l'Impresa dovrà procedere, a sua cura e spese, alla rasatura ed alla protezione della superficie con filmogeni, di tipologia da concordare con la Direzione Lavori, in accordo con il Progettista.

Nel caso di **sistemi protettivi filmogeni**, qualora dalle prove eseguite risultassero valori inferiori rispetto a quelli richiesti, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spesa, alla sostituzione dei materiali già posti in opera.

In corso d'opera, la Direzione Lavori effettuerà dei controlli dello **spessore sul film umido** della singola mano applicata, con le seguenti modalità:

- misura dello spessore mediante "pettine" di idonea gradazione, secondo le specifiche dell'ASTM D 4414 (o D 1212);



- per superfici globali da proteggere inferiori a 2.000 m^2 , almeno una serie di 20 misure;
- per superfici globali da proteggere superiori a 2.000 m^2 , almeno una serie di 40 misure;
- la serie di misure, se possibile, dovrà essere omogeneamente distribuita sulla superficie da verificare ed il suo valore medio non dovrà essere minore di quello di progetto; nel caso risulti un valore medio inferiore allo spessore di progetto, a sua cura e spese, l'Impresa provvederà ad integrare lo spessore mancante, mettendo in atto tutti gli accorgimenti necessari per la buona riuscita dell'integrazione

Le **superfici risonanti a vuoto** con il controllo al martello saranno verificate in contraddittorio e, su di esse, verrà applicata la sanzione del 25% per tutti i prezzi ed i sovrapprezzi con cui è stato compensato il lavoro risultato non idoneo, salvo richiesta della Direzione Lavori di far effettuare, a cura e spese dell'Impresa, le asportazioni ed il rifacimento del ripristino delle superfici risonanti.

Qualora dal **controllo della resistenza del calcestruzzo messo in opera**, non risultasse verificata la condizione $R_{ck, STRUTT} \geq 85\% R_{ck}$ si procederà, a cura e spese dell'Impresa, ad un controllo teorico e/o sperimentale della struttura interessata dal quantitativo di conglomerato non conforme, sulla base del valore caratteristico della resistenza strutturale rilevata sullo stesso ($R_{ck, STRUTT}$).

Tali controlli e verifiche formeranno oggetto di una **relazione supplementare**, nella quale si dimostri che, ferme restando le ipotesi di vincoli e di carico delle strutture, la resistenza è ancora compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, secondo le prescrizioni delle vigenti norme di legge.

NOTA Se tale relazione sarà approvata dalla Direzione Lavori, il calcestruzzo verrà contabilizzato in base al valore della resistenza caratteristica rilevata in opera.

Viceversa, nel caso in cui la resistenza non risulti compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, la Direzione dei Lavori valuterà come procedere in base alle seguenti ipotesi:

- consolidamento dell'opera o delle parti interessate da non conformità, se ritenuto tecnicamente possibile dalla D.L. sentito il progettista, con i tempi e i metodi che questa potrà stabilire anche su proposta dell'Impresa. Resta inteso che la decisione finale sarà in capo alla Direzione Lavori;
- demolizione e rifacimento dell'opera o delle parti interessate da non conformità.



Tutti gli oneri relativi agli accertamenti di cui sopra, compresi gli eventuali consolidamenti, demolizioni e ricostruzioni, restano in capo all'Impresa.

Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto all'Impresa nel caso in cui il valore caratteristico della resistenza strutturale dovesse risultare maggiore di quella indicata nei calcoli statici, nei disegni di progetto e nella tabella di cui al già citato Allegato 1 al presente Capitolato.

NOTA Si specifica, inoltre, che la conformità nei riguardi della resistenza non implica necessariamente la conformità nei riguardi della durabilità o di altre caratteristiche specifiche del calcestruzzo messo in opera; pertanto, qualora non fossero rispettate le richieste di durabilità, la Direzione Lavori potrà ordinare all'Impresa di mettere in atto tutti gli accorgimenti (ad esempio, il ricoprimento delle superfici con guaine, la protezione con vernici o agenti chimici nebulizzati, ecc.) che saranno ritenuti opportuni e sufficienti alla garanzia della vita nominale dell'opera prevista dal progetto.

Tutti gli oneri derivanti dagli interventi anzidetti saranno a carico dell'Impresa.

9.2 Acciaio per c.a. e c.a.p.

Per le barre di acciaio zincato che non soddisfano i requisiti di cui alle UNI EN ISO 1461, relativamente alle caratteristiche delle protezioni anticorrosive e/o ad altre caratteristiche prestazionali, ma che comunque non concorrano a compromettere la resistenza dei dispositivi, si procederà all'applicazione di una sanzione in percentuale sul prezzo pari a quelle di seguito indicate:

- fino al 10% in meno di protezione anticorrosiva o di altre caratteristiche prestazionali, sanzione del 10%;
- dal 10% al 20% in meno di protezione anticorrosiva o di altre caratteristiche prestazionali, sanzione del 15%;
- oltre il 20% in meno di protezione anticorrosiva o di altre caratteristiche prestazionali, sostituzione dei materiali in difetto

10 COLLAUDO



Il Collaudatore, alla fine dei lavori di realizzazione delle opere, dovrà procedere al collaudo delle **opere in c.a. ed in c.a.p.**, allo scopo di accertarne la rispondenza alle indicazioni progettuali. Nel dettaglio, le attività di collaudo sono distinte nelle due tipologie di verifiche di seguito riportate, che devono essere attuate in sequenza:

- il **Collaudo tecnico amministrativo**, che consiste nella verifica puntuale della rispondenza tra opere realizzate ed opere progettate, con particolare riferimento alle caratteristiche geometriche e dimensionali delle opere, alle caratteristiche strutturali, a quelle acustiche dei singoli componenti e, quindi, del sistema nel complesso, oltre che della rispondenza dei valori indicati nei Rapporti di Prova e nella Marcatura CE specificati nel progetto;
- la verifica dell'avvenuta mitigazione acustica, da attuare attraverso l'esecuzione di rilevazioni fonometriche in corrispondenza di punti di misura significativi, da individuare congiuntamente con la Direzione Lavori.

NOTA La non rispondenza di una o più delle verifiche di cui al primo punto non consente l'esecuzione delle verifiche di cui al secondo, in quanto, tali non rispondenze sono da imputarsi ad errori di esecuzione e, di conseguenza, rendono non collaudabile e liquidabile il lavoro.

11 **MANUTENZIONE**

11.1 Contenuti ed articolazione del Piano di Manutenzione

Sulla base di quanto indicato all'art.38 del D.P.R. n.207/2010, che riporta il "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n.163 e s.m.i., recante il «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE», il **Piano di Manutenzione** è costituito dai seguenti **documenti operativi**:

- **Manuale d'uso**, che riporta i metodi di ispezione da utilizzare allo scopo di individuare i possibili guasti che possono influenzare la durabilità del bene, la cui risoluzione consente di garantire l'allungamento della vita utile del sistema antirumore ed il mantenimento del valore patrimoniale dello stesso;
- **Manuale di manutenzione**, che costituisce lo strumento in grado di gestire un contratto di manutenzione ordinaria e l'eventuale ricorso ai centri di assistenza o di servizio;



- **Programma di manutenzione**, che definisce e programma gli interventi necessari a garantire la funzionalità, la durabilità ed il corretto esercizio del manufatto, nonché la frequenza, gli oneri e le strategie di attuazione degli interventi da realizzare nel medio e nel lungo periodo; in particolare, tale programma deve essere definito in funzione delle prestazioni attese (per classe di requisito), dei controlli da eseguire nei successivi momenti del ciclo di vita dell'opera (dinamica delle prestazioni), oltre che dell'organizzazione temporale degli interventi di manutenzione da realizzare.

Si ritiene comunque opportuno evidenziare come, già nelle fasi di esecuzione delle scelte progettuali e costruttive, si dovrà tener conto dell'esigenza di minimizzare la necessità di prevedere interventi di manutenzione sulle opere realizzate.

12 **NORMATIVE E RIFERIMENTI**

Le presenti prescrizioni si intendono integrative delle Norme Tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008, emanate in applicazione all'art. 52 del DPR n° 380 del 06/06/2001.

I lavori e le verifiche saranno eseguiti in accordo alle disposizioni di legge, alle istruzioni ed alle normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento.

In ogni caso, viene considerata valida l'edizione della norma vigente al momento del ritiro dei documenti di gara, nonché gli eventuali aggiornamenti sopravvenuti successivamente, purché concordati tra le parti.

Gli elaborati di progetto dovranno indicare tutte le tipologie di calcestruzzo ed i tipi di acciaio da impiegare.

12.1 **Leggi e normative sugli aspetti strutturali**

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" (G.U. n. 321 del 21.12.1971);



- Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 6 giugno 2001 "Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia" (S.O. n. 239 alla G.U. n. 245 del 20-10-2001);
- D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" (S.O. n. 30 alla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008) e norme o documenti esplicitamente richiamati dal Decreto Ministeriale;
- Circolare esplicativa al D.M. 14 gennaio 2008, n. 617 del 2 febbraio 2009 (S.O. n. 27 alla G.U. n. 47 del 26-02-2009)
- Decreto Ministeriale 31 luglio 2012, che riporta la "Approvazione delle appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici"
- Norma UNI EN 1990 "Eurocodice - Criteri generali di progettazione strutturale"
- Norma UNI EN 1991 "Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture" Parti 1-2-3-4-5-6-7
- Norma UNI EN 1997 "Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica" Parti 1-2
- Norma UNI EN 1998-5 "Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica"

12.2 Leggi e normative inerenti il rilascio della Marcatura CE

- UNI EN ISO 1460
- UNI EN ISO 1461
- UNI EN ISO 9001
- UNI EN ISO 14001
- UNI EN 196-7
- UNI EN 197-1
- UNI EN 206
- UNI EN 445
- UNI EN 446



- UNI EN 450
- UNI EN 447
- UNI EN 480
- UNI EN 933
- UNI EN 934
- UNI EN 1008
- UNI EN 1504
- UNI EN 1097
- UNI EN 1179
- UNI EN 1992 (Eurocodice 2)
- UNI EN 10204
- UNI EN 12620
- UNI EN 12350
- UNI EN 12390
- UNI EN 12504
- UNI EN 13055
- UNI EN 13263
- UNI EN 13670-1
- UNI EN 14487
- UNI EN 14488
- UNI EN 14651
- UNI EN 14721



- UNI EN 14889
- UNI EN 15167
- UNI EN 45012
- UNI CEN/TS 14754
- UNI 6556
- UNI 7122
- UNI 7123
- UNI 8146
- UNI 8148
- UNI 8520
- UNI 8866
- UNI 9606
- UNI 11039
- UNI 11104
- UNI 11146
- UNI 11201
- UNI 11307
- UNI 11417-1
- UNI 11417-2
- UNI 111039
- ASTM C1609
- ASTM D 1212



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

- ASTM D 4414
- BS 1881
- CNR DT 204/2006 Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo Fibro-rinforzato



13 APPENDICE

13.1 Caratteristiche dei materiali costituenti i conglomerati cementizi

13.1.1 Cemento

13.1.1.1 Considerazioni generali

Il **cemento** deve essere scelto tra quelli considerati più idonei, tenendo in considerazione:

- le condizioni stagionatura influenti sui tempi di presa ed indurimento;
- le dimensioni della struttura ed i relativi gradienti termici derivanti dallo sviluppo di calore di idratazione;
- l'esposizione agli specifici agenti aggressivi;
- la potenziale reattività degli aggregati nel cemento

In particolare, qualora vi sia l'esigenza di eseguire **getti massivi**, al fine di limitare l'innalzamento della temperatura all'interno del getto in conseguenza della reazione di idratazione del cemento, sarà opportuno utilizzare cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH, contemplati dalla norma UNI EN 197-1.

Se è prevista una classe di esposizione XA, secondo le indicazioni della norma UNI EN 206 o della norma UNI 11104, conseguente ad un'**aggressione di tipo solfatico**, sarà necessario utilizzare **cementi resistenti ai solfati**, in accordo con la UNI EN 197-1 § 6.2.

In caso la classe di esposizione XA sia dovuta al **contatto del conglomerato con acque dilavanti**, è consigliabile l'impiego di **cementi resistenti al dilavamento** secondo UNI 9606.

In caso di **esposizione dell'opera ai cloruri** con le solette da ponte, è raccomandabile l'impiego di **cementi pozzolanici o d'altoforno**, come specificato anche nella UNI 11417-1.



Nel caso di **possibile rischio di reazione alcali-aggregati**, è raccomandabile l'impiego di **cementi con contenuto di alcali ridotto e/o di tipo pozzolanico**, conformemente a quanto indicato nella UNI 11417-2.

La temperatura del cemento al momento del confezionamento del calcestruzzo non dovrà superare il valore di 55°C.

13.1.1.2 Controlli sul cemento

Controllo della documentazione

In cantiere o presso l'impianto di confezionamento del calcestruzzo, è ammessa esclusivamente la fornitura di cementi di cui al precedente par. 13.1.2.1.

Tutte le forniture di cemento devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE e dalla scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche del cemento.

Le forniture effettuate da un intermediario, ad esempio un importatore, dovranno essere accompagnate dall'Attestato di Conformità CE rilasciato dal produttore di cemento e completato con i riferimenti ai Documenti di Trasporto dei lotti consegnati dallo stesso intermediario.

La Direzione dei Lavori è tenuta a verificare periodicamente quanto sopra indicato; in particolare, la corrispondenza del cemento consegnato, come rilevabile dalla documentazione anzidetta, con quello previsto per la realizzazione dei calcestruzzi.

Controllo di accettazione

La Direzione dei Lavori potrà richiedere controlli di accettazione sul cemento in arrivo in cantiere; in particolare, nel caso in cui il calcestruzzo sia prodotto da impianto di confezionamento installato all'interno del cantiere stesso e non operante con processo industrializzato (di cui al precedente par. 6.1).

Il prelievo del cemento dovrà avvenire al momento della consegna, in conformità alla norma UNI EN 196-7.



L'Impresa dovrà assicurarsi, prima del campionamento, che il sacco da cui si effettua il prelievo sia in perfetto stato di conservazione o, alternativamente, che l'autobotte sia ancora munita di sigilli; il campionamento sarà effettuato in contraddittorio con un rappresentante del produttore di cemento.

Il controllo di accettazione di norma potrà avvenire indicativamente ogni 5.000 tonnellate di cemento consegnato.

Il campione di cemento prelevato sarà suddiviso in almeno tre parti di cui una verrà inviata ad un Laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 scelto dalla Direzione dei Lavori, un'altra è a disposizione dell'impresa e la terza rimarrà custodita, in un contenitore sigillato, per eventuali controprove. Nel caso di specifici requisiti composizionali, potrà essere richiesta la verifica di alcuni parametri, quali ad esempio il contenuto di alcali, il calore d'idratazione, il contenuto di C3A.

13.1.2 Aggiunte minerali

13.1.2.1 Considerazioni generali

Le aggiunte di tipo I (praticamente inerti), sia di origine naturale che artificiale, dovranno essere conformi ai requisiti previsti nella UNI EN 12620 per i filler.

Per le aggiunte di tipo II (pozzolaniche o ad attività idraulica latente), si farà riferimento alla UNI 11104 § 4.2 ed alla UNI EN 206 § 5.1.6 e § 5.2.5.

La conformità delle aggiunte alle relative norme dovrà essere dimostrata in fase di verifica preliminare delle miscele di cui al successivo precedente 6 e, in seguito, ogni qualvolta la Direzione dei Lavori ne faccia richiesta.

Tutte le forniture di cemento devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE e dalla scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche e prestazionali delle aggiunte.

Le aggiunte di tipo II indicate nella UNI EN 206 § 5.1.6 possono essere prese in conto nella composizione del calcestruzzo introducendo il coefficiente k , definito al § 5.2.5.1 della UNI-EN 206.

Utilizzando un adeguato valore del coefficiente k , funzione del tipo di aggiunta e del tipo di cemento con il quale essa viene combinata, nella valutazione del rispetto dei limiti composizionali contenuti nel Prospetto F.1 della UNI EN 206 e nel prospetto 4 della UNI 11104, sarà possibile:



- sostituire il rapporto "a/c" del calcestruzzo con il rapporto "a/(c + k × aggiunta)";
- sostituire il dosaggio di cemento del calcestruzzo "c" con la quantità "c + k × aggiunta"

13.1.2.2 Ceneri volanti

Le ceneri volanti (cv) provenienti dalla combustione del carbone, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi ai requisiti della UNI EN 450/1,2 sintetizzati nella tabella riportata nell'Allegato 2 al presente Capitolato (par.14.2) e provviste di marcatura CE, in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata. Le ceneri non conformi alla UNI EN 450, ma conformi alla UNI EN 12620, possono essere utilizzate nel calcestruzzo come aggregato.

Nella seguente Tabella 13 sono riportati i valori del coefficiente k per le ceneri volanti, distinti in funzione del tipo di cemento.

Tabella 13: **Valori del coefficiente k per ceneri volanti conformi alla UNI EN 450** (Prosp. 3, UNI 11104)

Tipo di cemento	Classi di resistenza	Valori di k
CEM I	32.5 N, R	0.2
CEM I	42.5 N, R	0.4
	52.5 N, R	
CEM II/A	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM III/A	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	



CEM IV/A	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM V/A	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	

Valgono le seguenti limitazioni:

- in caso di utilizzo con CEM I, il rapporto in massa cv/c non deve essere superiore a 0,33;
- in caso di utilizzo con CEM II/A, il rapporto in massa cv/c non deve essere superiore a 0,25;
- la quantità $(c + k \times cv)$ non deve essere inferiore al dosaggio minimo di cemento richiesto per la specifica classe di esposizione;
- il rapporto $a/(c + k \times cv)$ non deve essere inferiore al valore massimo del rapporto a/c richiesto per la specifica classe di esposizione

Le normative attualmente in vigore non definiscono un valore limite del rapporto in massa cv/c nel caso di utilizzo in combinazione con cementi diversi dal CEM I e dal CEM II/A.

In attesa di ulteriori sviluppi normativi, si prescrive un valore limite pari a 0,20 del rapporto in massa cv/c nel caso di utilizzo in combinazione con CEM III/A, CEM IV/A e CEM V/A.

Nel caso di utilizzo di quantitativi di cenere superiori a quelli sopra indicati, il quantitativo in eccesso non potrà essere utilizzato nel calcolo della quantità $(c + k \times cv)$ e del rapporto $a/(c + k \times cv)$.

Nel caso vengano impiegate ceneri di classe B o C, con tenore di incombusto $> 5\%$, particolare attenzione dovrà essere posta alla verifica della costanza dei risultati nel raggiungimento della lavorabilità, delle prestazioni meccaniche, del contenuto di aria inglobata e, ove richiesto, anche di aspetti estetici legati alla risalita dell'incombusto in superficie.



13.1.2.3 Fumo di silice

Il **fumo di silice** (fs) proveniente dalle industrie che producono il silicio metallico e le leghe ferro-silicio, al fine dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunta di tipo II, deve essere conforme ai requisiti della UNI EN 13263 parti 1 e 2 per fumi di silice di classe 1, sintetizzati nella tabella riportata nell'Allegato 3 al presente Capitolato (par.14.3) e provvisto di marcatura CE, in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata.

Il **fumo di silice** può essere utilizzato allo stato naturale (in polvere così come ottenuto all'arco elettrico), addensato in particelle di maggiori dimensioni, o come sospensione liquida (c.d. "slurry") di particelle con contenuto secco del 50% in massa, oppure in sacchi di premiscelato contenenti fumo di silice ed additivo superfluidificante. Se impiegato in forma di slurry, il quantitativo di acqua apportato dalla sospensione contenente fumo di silice dovrà essere tenuto in conto nel calcolo del rapporto acqua/cemento equivalente.

Ai fini del **calcolo del rapporto a/c equivalente e del dosaggio di cemento equivalente**, il coefficiente k verrà desunto dal prospetto seguente, che deve intendersi generalmente riferito a fumi di silice utilizzati nel confezionamento di calcestruzzi, impiegando esclusivamente cementi tipo I e CEM II-A di classe 42, 5N e 42,5R conformi alla UNI EN 197-1:

- per un rapporto acqua/cemento prescritto $\leq 0,45$ $k = 2,0$
- per un rapporto acqua/cemento prescritto $> 0,45$ $k = 2,0$ (eccetto $k = 1,0$ in presenza delle classi di esposizione XC e XF)

L'impiego di **fumo di silice** con cementi diversi da quelli sopra menzionati è subordinato all'approvazione preliminare della Direzione dei Lavori.

Valgono le seguenti **limitazioni**:

- la quantità (cemento + $k \times fs$) non deve essere inferiore al dosaggio minimo di cemento richiesto per la specifica classe di esposizione;
- il dosaggio minimo di cemento non deve essere diminuito più di 30 kg/m^3 per calcestruzzi in classi di esposizione per le quali il dosaggio minimo di cemento è $\leq 300 \text{ kg/m}^3$;
- il rapporto $a/(c + k \times fs)$ non deve essere inferiore al valore massimo del rapporto a/c richiesto per la specifica classe di esposizione;
- la quantità massima di fumo di silice che può essere considerata agli effetti del calcolo della quantità $(c + k \times fs)$ e del rapporto $a/(c + k \times fs)$ deve soddisfare il requisito: $fs/c \leq 0.11$



13.1.2.4 Loppa d'altoforno macinata

La **loppa d'altoforno macinata** (ggb), ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunta di tipo II, deve essere conforme ai requisiti della UNI EN 15167 parti 1 e 2 sintetizzati nella tabella riportata nell'Allegato 4 al presente Capitolato (par.14.4) e provvista di marcatura CE, in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata.

Per la **loppa d'altoforno macinata** conformi alla UNI EN 15167, impiegata in combinazione con cementi tipo CEM I e CEM II/A conformi alla UNI EN 197-1, si potrà assumere un valore di $k = 0,60$.

La **quantità massima di loppa d'altoforno macinata** che può essere considerata agli effetti del calcolo della quantità $(c + k \times ggb)$ e del rapporto $a/(c + k \times ggb)$ deve soddisfare il requisito:

- $ggb/c \leq 1$

13.1.2.5 Altri tipi di aggiunta minerale ad attività pozzolanica

Altri tipi di aggiunte minerali ad attività pozzolanica, diversi da quelli sopra menzionati, possono essere impiegati se in possesso di specifico Benestare Tecnico Europeo o di Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego in ambito nazionale rilasciato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

In assenza di tali certificazioni, questi tipi di aggiunta potranno essere considerati solo come aggiunte di tipo I con relativo obbligo di conformità ai requisiti previsti nella UNI EN 12620 per i filler.

13.1.3 Aggregati

Gli **aggregati** impiegati per il confezionamento del calcestruzzo potranno provenire da vagliatura e trattamento dei materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava; essi dovranno possedere marcatura CE secondo il D.P.R. n. 246/93 e successivi decreti attuativi. Copia della documentazione dovrà essere custodita dalla Direzione dei Lavori e dall'Impresa. In assenza di tali certificazioni, il materiale non potrà essere posto in opera e dovrà essere allontanato e sostituito con materiale idoneo.



L'attestazione di marcatura CE dovrà essere consegnata alla Direzione Lavori ad ogni eventuale cambiamento di cava.

Gli **aggregati** saranno conformi ai requisiti delle norme UNI EN 12620 e UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo (§ 4.8 della UNI 8520-2) sintetizzati nella tabella riportata nell'Allegato 5 al presente Capitolato (par. 14.5).

La **massa volumica media** del granulo in condizioni s.s.a. (saturo a superficie asciutta) deve essere pari o superiore a 2.300 kg/m^3 . A questa prescrizione si potrà derogare solo in casi di comprovata impossibilità di approvvigionamento locale, purché sia dimostrato, mediante adeguato studio sui calcestruzzi da confezionare, che vengano rispettate le prescrizioni in termini di resistenza caratteristica a compressione e di durabilità. Per opere caratterizzate da un elevato rapporto superficie/volume, laddove assume un'importanza predominante la minimizzazione del ritiro igrometrico del calcestruzzo, occorrerà preliminarmente verificare che l'impiego di aggregati di minore massa volumica non determini un incremento del ritiro rispetto ad un analogo conglomerato confezionato con aggregati di massa volumica media maggiore di 2.300 kg/m^3 .

Per i calcestruzzi con classe di resistenza a compressione maggiore di C(50/60) dovranno essere utilizzati aggregati di massa volumica maggiore di 2.600 kg/m^3 .

È consentito l'uso di **aggregati grossi provenienti da riciclo** anch'essi con obbligo di marcatura CE, nel rispetto delle limitazioni imposte dal § 11.2.9.2 del D.M. 14/01/2008, purché l'utilizzo non pregiudichi alcuna caratteristica del calcestruzzo, né allo stato fresco, né indurito (si veda nota del succitato Allegato 5 par. 14.5).

Per **diametri massimi** fino a 12mm, è consentita la combinazione di sole due classi granulometriche. Oltre tale limite, dovrà essere invece prevista la combinazione di almeno 3 classi.

13.1.4 Acqua di impasto

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003, secondo quanto sintetizzato nella tabella riportata nell'Allegato 6 al presente Capitolato (par.14.6).



13.1.5 Additivi

Gli **additivi** per la produzione del calcestruzzo devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono (riduttori d'acqua/ fluidificanti, riduttori d'acqua ad alta efficacia/superfluidificanti, ritardanti, acceleranti, aeranti, modificatori di viscosità, ecc.), ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934 (parti 2, 3, 4 e 5).

I prodotti filmogeni antievaporanti dovranno essere conformi alla norma UNI CEN/TS 14754-1.

Il loro utilizzo deve anche prevedere la verifica che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (ad esempio, con primer di adesione). In caso contrario, prima di eseguire il successivo getto, si deve procedere a ravvivare la superficie.

Per altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma armonizzata, si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo.

Ad esempio, nel caso di impiego di additivi riduttori di ritiro (SRA) non rientranti nella UNI EN 934, dovrà essere verificata l'entità di riduzione di ritiro igrometrico secondo UNI 11307:2008, ai dosaggi di impiego previsti, rispetto ad un calcestruzzo di pari composizione, privo dell'additivo.

È onere dell'Impresa verificare preliminarmente i dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche, fisiche e meccaniche richieste oltre che per valutare eventuali effetti indesiderati. Per la produzione degli impasti, è opportuno che vi sia un impiego costante di additivi fluidificanti/riduttori di acqua o superfluidificanti/riduttori di acqua ad alta efficacia, per limitare il contenuto di acqua di impasto, migliorare la stabilità dimensionale del calcestruzzo e la durabilità delle opere.

La percentuale d'acqua contenuta negli additivi dovrà essere computata nel calcolo del rapporto acqua-cemento, qualora il dosaggio degli additivi superi i 3 litri /m³.

Per le riprese di getto si potrà far ricorso all'utilizzo di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese di getto; in ogni caso, dovrà essere evitata qualsiasi soluzione di continuità degli elementi strutturali (vedi par. 7.3.5).

Nel periodo invernale, al fine di evitare i danni derivanti dalla azione del gelo, in condizioni di maturazione al di sotto dei 5 °C, oltre che agli additivi superfluidificanti, si farà ricorso all'utilizzo di additivi acceleranti di presa e di indurimento privi di cloruri (vedi par. 7.3.3).



Per le strutture sottoposte all'azione del gelo e del disgelo, si farà ricorso all'impiego di additivi aeranti come prescritto dalle norme UNI EN 206 e UNI 11104. Particolare attenzione andrà posta, in questo caso, alla stabilità dell'aria sviluppata nella miscelazione durante il trasporto e nel caso di impiego di ceneri volanti. La percentuale di aria inglobata andrà comunque verificata al momento del getto, mediante misura sia della massa volumica allo stato fresco, secondo UNI EN 12350/6, sia del volume di aria inglobata, secondo UNI EN 12350/7.

Nel caso di impiego di calcestruzzi auto compattanti (SCC), potrà essere previsto l'impiego di modificatori della viscosità conformi alla UNI EN 934-2 e caratterizzati secondo la UNI EN 480-15.

Tutte le forniture degli additivi dovranno essere accompagnate dall'attestato di conformità CE o, in assenza di norma armonizzata con obbligo di marcatura CE, da altra certificazione del produttore secondo le norme volontarie in vigore e dalla scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche e prestazionali dei prodotti.

La Direzione Lavori, oltre a verificare suddetta documentazione, in fase di accettazione potrà richiedere la verifica di alcune caratteristiche come indicato nella tabella riportata nell'Allegato 7 al presente Capitolato (par. 14.7).

13.1.6 Agenti espansivi non metallici

Per il confezionamento di **calcestruzzi a ritiro compensato** (vedi par. 6.2.1.3) si potrà fare uso di **agenti espansivi non metallici**, per lo più a base di ossido di calcio, conformi alla UNI 8146, come sintetizzato nella tabella riportata nel succitato Allegato 7 (par.14.7); in particolare:

- i tempi di inizio e fine presa misurati secondo UNI 7123 del calcestruzzo contenente l'agente espansivo non devono variare di più di ± 30 min rispetto a quelli del calcestruzzo non additivato di pari classe di consistenza;
- la resistenza a compressione a 28 giorni, misurata secondo UNI EN 12390/3 sul calcestruzzo contenente l'agente espansivo, non deve risultare inferiore a quella del calcestruzzo non additivato di pari classe di consistenza;
- l'espansione contrastata secondo UNI 8148:
 - con metodo A (a 20°C in acqua satura di calce) dovrà essere a 7 giorni $> 200 \mu\text{m/m}$; a 28 giorni non inferiore di quella registrata a 7 giorni;



- con metodo B (a 20°C nei primi 2 gg a UR >95% e con protezione di pellicola plastica, poi all'aria con UR 55+5%), la norma non prevede dei limiti, che andranno concordati con il produttore (si vedano par.13.3.11.6 e par. 6.2.1.3).

La fornitura degli espansivi dovrà essere accompagnata da una certificazione del produttore, che attesti la conformità del prodotto ai requisiti sopraelencati e dalla scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche e prestazionali dei prodotti.

La Direzione Lavori, oltre a verificare suddetta documentazione, in fase di accettazione potrà richiedere la verifica di alcune caratteristiche come indicato nella tabella di cui in Allegato 7 (par. 14.7).

13.2 Fibre

13.2.1 Fibre per uso strutturale

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- Fibre per uso strutturale per opere all'aperto:
- B.05.018 FIBRE DI POLIPROPILENE
- B.05.019 FIBRE IN ACCIAIO PER ARMATURA DI CALCESTRUZZO
- Fibre per uso strutturale per opere in sotterraneo:
- C.02.012 FIBRE IN ACCIAIO PER ARMATURA DI CALCESTRUZZO IN GALLERIA

13.2.1.1 Caratteristiche tecniche

Per il confezionamento di calcestruzzi fibro-rinforzati o di calcestruzzi proiettati si potranno impiegare le seguenti fibre per uso strutturale:



- metalliche conformi alla UNI EN 14889-1;
- polimeriche conformi alla UNI EN 14889-2.

Le fibre metalliche in acciaio presentano un elevato rapporto d'aspetto (definito come il rapporto tra la lunghezza della fibra e il suo diametro equivalente) e per migliorare ulteriormente l'ancoraggio delle fibre al calcestruzzo, le estremità spesso vengono sagomate.

Le fibre polimeriche in polipropilene ad alto modulo elastico oltre a contrastare il fenomeno fessurativo della matrice cementizia garantiscono un aumento della resistenza a trazione del calcestruzzo. Possono avere diverse forme, oltre a quella semplicemente rettilinea

Le fibre per uso strutturale comunemente impiegate nei materiali cementizi, hanno una lunghezza variabile tra 1 e 80 mm e un rapporto d'aspetto compreso tra 50 e 400.

Il dosaggio minimo delle fibre per uso strutturale deve essere \geq allo 0,3% in volume. I dosaggi normalmente impiegati per le fibre in acciaio variano da 25 a 60 kg/m³ cui corrispondono percentuali volumetriche comprese tra 0,30% e 0,75%.

Relativamente alle fibre metalliche e polimeriche la Direzione Lavori, oltre a verificare la presenza dell'attestato di conformità CE e della scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche e prestazionali dei prodotti - in fase di accettazione - potrà richiedere la verifica di alcune caratteristiche, come indicato nella tabella di cui al succitato Allegato 8, par. 14.8, oltre che come riportato anche al successivo par. 2.2.1 per i calcestruzzi fibro-rinforzati.

13.3 Caratteristiche dei conglomerati cementizi

13.3.1 Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati

Gli aggregati per il confezionamento del calcestruzzo, oltre a soddisfare le prescrizioni precedentemente riportate, dovranno appartenere a non meno di tre classi granulometriche diverse.

La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire la massima densità dell'impasto, garantendo i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione di cui ai punti seguenti.



La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste dall'impresa (ad esempio, il pompaggio), quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste per il conglomerato.

La dimensione nominale massima dell'aggregato (DMAX) è funzione delle dimensioni dei copriferri ed interferri, delle caratteristiche geometriche delle casseforme, delle modalità di getto e del tipo di mezzi d'opera. Essa sarà definita dalle prescrizioni di progetto per ciascuna tipologia di calcestruzzo (vedi Tabella 2 riportata nel successivo par. 2.2).

In assenza di altro specifico riferimento, si considerino le seguenti limitazioni:

- $DMAX < \text{copriferro}$
- $DMAX < \text{interferro minimo} - 5 \text{ mm}$
- $DMAX < \frac{1}{4}$ della sezione minima della struttura

13.3.2 Lavorabilità

La **misura della lavorabilità** verrà condotta in accordo alla UNI-EN 206 e UNI EN 206-9 (Regole complementari per il calcestruzzo autocompattante), dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno $0,3 \text{ m}^3$ di calcestruzzo, ovvero a $1/5$ dello scarico, e sarà effettuata mediante differenti metodologie.

In particolare, la lavorabilità del calcestruzzo dovrà essere definita mediante:

- tempo di vibrazione Vebè (UNI EN 12350-3), in caso di calcestruzzi a consistenza asciutta soprattutto se con comportamento tixotropico;
- il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (UNI-EN 12350-2), che definisce la classe di consistenza o uno slump numerico di riferimento oggetto di specifica, per abbassamenti fino a 230 mm;
- la misura del diametro di spandimento alla tavola a scosse (UNI-EN 12350-5), per abbassamenti superiori a 230 mm; la ripetizione della misura di spandimento dopo 60' dal confezionamento potrà essere indicata per il controllo della segregazione della miscela;



- per i calcestruzzi autocompattanti (SCC), la misura dello spandimento (slump-flow) e del tempo di spandimento (UNI-EN 12350-8) e della segregazione mediante setacciatura (UNI EN 12350-11). In relazione alla severità delle condizioni di getto (funzione ad esempio della densità delle armature, della geometria della struttura, della distanza di scorrimento), una eventuale caratterizzazione reologica più completa potrà essere richiesta secondo le procedure delle UNI-EN 12350 - 9, 10 e 12

I limiti e le tolleranze per le varie **classi di consistenza** sono quelli definiti nel prospetto 11 della UNI EN 206 e nella UNI EN 206-9 per i calcestruzzi auto compattanti.

Se il conglomerato cementizio viene pompato, il valore della lavorabilità dovrà essere misurato prima dell'immissione nella pompa.

13.3.3 Rapporto acqua/cemento

Il **quantitativo di acqua efficace** a_{eff} da prendere in considerazione nel calcolo del rapporto a/c equivalente è quello realmente a disposizione dell'impasto, dato dalla somma di:

- (a_{aggr}): quantitativo di acqua ceduto o sottratto dall'aggregato se caratterizzato rispettivamente da un tenore di umidità maggiore o minore dell'assorbimento (cioè del tenore di umidità che individua la condizione di saturo a superficie asciutta);
- (a_{add}): aliquota di acqua introdotta tramite gli additivi liquidi (se utilizzati in misura superiore a 3 l/m³) o le aggiunte minerali in forma di slurry;
- (a_m): aliquota di acqua introdotta nel mescolatore/autobetoniera;

ottenendo la formula:

$$a_{eff} = a_m + a_{agg} + a_{add}$$

Il **rapporto acqua/cemento** sarà quindi da considerarsi come un rapporto acqua/cemento equivalente, individuato dall'espressione più generale:

$$\left(\frac{a}{c}\right)_{eq} = \frac{a_{eff}}{(c + K_{cv} * cv + K_{fs} * fs)}$$

nella quale vengono considerate le eventuali **aggiunte di tipo II** (vedi precedente par. 13.1.2) all'impasto nell'impianto di betonaggio.



I termini utilizzati nell'espressione precedente sono:

- c : dosaggio di cemento per m^3 di impasto;
- agg_{II} : dosaggio dell'aggiunta minerale di tipo II (ceneri volanti, fumo di silice, loppa d'altoforno o altra sottoposta a benessere tecnico europeo) per m^3 di impasto;
- K_{II} : coefficiente di equivalenza della aggiunta minerale di tipo II desunti dalle norme UNI-EN 206 ed UNI 11104 (vedi precedenti par. 13.1.2.2, par. 13.1.2.3 e par. 13.1.2.4), ovvero da uno specifico benessere tecnico europeo

L'attuale panorama normativo non consente di valutare uno o più coefficienti K_{II} da utilizzare nel caso di uso combinato di più aggiunte minerali di tipo II. In tal caso, sarà pertanto possibile considerare, ai fini del calcolo del rapporto $(a/c)_{eq}$ soltanto una delle aggiunte utilizzate.

La stessa limitazione vale anche per la definizione del dosaggio complessivo di legante, ai fini del confronto con il valore di c_{min} prescritto nel prospetto F della UNI EN 206 e nel prospetto 4 della UNI 11104.

Le **modalità per la verifica del rapporto acqua-cemento** in corso d'opera si articolano in tre fasi:

- in fase di carico della miscela all'impianto di betonaggio, attraverso il controllo della taratura delle sonde di lettura dell'umidità degli aggregati mediante essiccazione diretta degli stessi prima del carico e della verifica dei dosaggi effettivi e della resa dei vari componenti risultanti dai tabulati di carico tenendo conto dell'umidità degli aggregati, del loro assorbimento d'acqua e della misura diretta della massa volumica a fresco;
- in cantiere o all'impianto di betonaggio, attraverso la misura della densità di un campione di calcestruzzo e della sua essiccazione secondo la procedura UNI 11201. Secondo questo metodo di misura l'acqua efficace viene calcolata sottraendo a quella totale direttamente misurata la quantità di acqua assorbita dagli aggregati desunta dalle percentuali calcolate nella rese delle pesate dell'impianto. Anche il rapporto acqua-cemento viene calcolato sulla base del dosaggio di cemento risultante dalla resa volumetrica del calcestruzzo campionato rilevata nella prima fase di verifica;
- in fase di controllo di accettazione della resistenza caratteristica, verificando che il valore della resistenza media corrisponda al valore ottenuto durante la fase di qualifica della miscela e che il valore caratteristico, calcolato secondo il tipo di controllo di accettazione prescelto (vedi successivo par. 5.1), sia comunque superiore al valore minimo prescritto



Il valore del rapporto a/c registrato nelle prove di prequalifica con tutte le tre fasi di verifica non deve discostarsi di ± 0.02 da quello nominale.

Nelle fasi qualifica e di accettazione in cantiere, il rapporto a/c non deve discostarsi di ± 0.03 da quello verificato in fase di prequalifica della miscela.

13.3.4 Massa volumica

La misura della **massa volumica** a fresco dovrà essere misurata secondo UNI EN 12350-6.

I valori rilevati in qualifica non si dovranno discostare di più del 3% da quelli nominali definiti nel dossier di prequalifica.

La massa volumica allo stato indurito dovrà essere misurata secondo UNI EN 12390-7.

Secondo quanto definito al § 5.5.2 della UNI EN 206, per i calcestruzzi di massa volumica ordinaria (non leggeri o pesanti), la massa volumica a secco dovrà essere compresa tra 2.000 kg/m^3 e 2.600 kg/m^3 .

Nelle varie fasi di controllo, la massa volumica dovrà essere misurata su tutti i provini stagionati UR>95% o in acqua sottoposti alle prove meccaniche di cui ai punti successivi.

Il valore rilevato non si dovrà discostare di oltre +50 kg/mc rispetto a valore nominale a fresco definito nel dossier di prequalifica.

13.3.5 Contenuto di aria

Qualora sia prevista una classe di esposizione ambientale di tipo XF (strutture soggette a cicli di gelo/disgelo in presenza o meno di sali disgelanti) e, quindi, sarà impiegato un additivo aerante, contestualmente alla misura della lavorabilità del conglomerato, dovrà essere determinato il **contenuto di aria nel calcestruzzo**, in accordo alla procedura descritta alla norma UNI EN 12350-7 basata sull'impiego del porosimetro.



Il contenuto di aria in ogni miscela prodotta (espresso in percentuale) dovrà essere conforme a quanto prescritto nella succitata Tabella 2 riportata nel successivo par. 2.2, tenendo conto del diametro massimo dell'aggregato (D_{max}) e delle tolleranze ammesse ivi riportate.

Particolare attenzione dovrà essere prestata alla stabilità dello sviluppo dell'aria durante il tempo di trasporto ed alla eventuale riduzione della stessa, con necessità di incrementare il dosaggio di additivo aerante in caso di utilizzo di cenere volante da carbone.

13.3.6 Acqua di bleeding

L'essudazione di acqua dovrà risultare non superiore allo 0,1%, in conformità alla norma UNI 7122, ovvero alla UNI EN 480/4.

13.3.7 Misura della temperatura del calcestruzzo al getto

La **temperatura dell'aria e del calcestruzzo, al momento del getto**, dovranno essere verificate con l'approssimazione di almeno 1°C e dovranno essere rispettare i limiti specificati nei successivi par. 7.3.3 e par. 7.3.4.

13.3.8 Contenuto di cloruri nel calcestruzzo

Il **contenuto di cloruri nel calcestruzzo**, espresso come percentuale sul dosaggio del cemento, dovrà essere verificato sulla base della ricetta nominale e qualificata come sommatoria dei contributi derivanti dai singoli componenti (§ 5.2.7 UNI EN 206).

Il totale dovrà essere conforme ai limiti definiti nel prospetto 10 della UNI EN 206.

13.3.9 Grado di compattazione



Il **grado di compattazione** g_c è il rapporto tra la massa volumica misurata secondo UNI EN 12390/7 su un campione estratto dalla struttura e quello misurato sul provino confezionato conformemente alla UNI 12390/1.

Dovrà essere garantito un $g_c > 0,97$ riferito a campioni di calcestruzzo saturi a superficie asciutta.

13.3.10 Tempo di presa

Qualora richiesto, i tempi di inizio e fine presa verranno valutati su calcestruzzo vagliato a 5 mm con apparecchio proctor, secondo la UNI 7123.

I limiti di accettazione saranno definiti in base alle esigenze di scasso e/o di lavorazioni dello specifico progetto.

13.3.11 Requisiti aggiuntivi

Di seguito sono indicate **ulteriori prove per le miscele di calcestruzzo**, relative a requisiti aggiuntivi eventualmente richiesti da progetto e da verificare durante la fase di qualifica.

Le prove raccomandabili in relazione alle varie tipologie strutturali previste nella già citata Tabella 2 sono quindi riportate nella Tabella 3 di cui al precedente par. 2.2.

13.3.11.1 Resistenza a trazione indiretta

La misura della **resistenza a trazione indiretta** su calcestruzzo verrà eseguita secondo UNI EN 12390/6, su una coppia di provini cilindrici 15×30 cm confezionati e stagionati secondo UNI EN 12390/1,2.

13.3.11.2 Resistenza a flessione



La misura della **resistenza a flessione** su calcestruzzo verrà eseguita secondo UNI EN 12390/7, su una coppia di provini prismatici 15×15×60cm confezionati e stagionati secondo UNI EN 12390/1,2.

In caso di calcestruzzi fibro-rinforzati (vedi precedente par. 6.2.1.3), la prova andrà eseguita anche su una coppia di travi intagliate in mezzeria, secondo la procedura UNI 111039 o UNI EN 14651, con relativo calcolo degli indici di duttilità.

13.3.11.3 Modulo elastico statico e dinamico

Le misure del **modulo elastico** vengono eseguite a su provini confezionati e stagionati secondo UNI EN 12390/1,2, fino alla stagionatura oggetto di verifica secondo le indicazioni di progetto.

La misura del **modulo elastico statico** (E_s) su calcestruzzo verrà eseguita secondo la UNI 6556, utilizzando una terna di provini cilindrici 15×30 cm per la misura della resistenza a compressione e altri tre per la misura del modulo elastico attraverso tre cicli di carico e successiva rottura.

La misura **del modulo elastico dinamico** (E_d) è invece effettuata misurando la velocità delle onde ultrasoniche (v) secondo UNI EN 12504/4, mentre la massa volumica (M_v) sul calcestruzzo indurito secondo UNI EN 12390/7 e utilizzando la seguente correlazione:

$$E_d = v^2 \times M_v \times 0,83$$

Di norma, la prova viene eseguita sugli stessi provini del modulo elastico statico come controllo preliminare e per verificare la correlazione E_s/E_d , generalmente compresa tra 0,65 e 0,85, in funzione della classe di resistenza a compressione del calcestruzzo.

13.3.11.4 Deformazione viscosa

La misura della **deformazione viscosa** o creep su provini confezionati e stagionati secondo UNI EN 12390/1,2 fino a 28 giorni (a meno di altra specifica indicazione).

La prova viene eseguita secondo ASTM C1609, su una coppia di provini cilindrici 15×30 cm per la misura della resistenza a compressione, un'altra coppia per la misura della deformazione viscosa e due per il ritiro igrometrico nello stesso ambiente di prova della deformazione viscosa (necessari per il successivo calcolo della creep puro).



13.3.11.5 Ritiro idraulico libero

Il **ritiro igrometrico uniassiale** per calcestruzzi con diametro massimo fino a 30 mm viene misurato secondo la procedura UNI 11307 (metodo A assiale o metodo B superficiale), su una terna di provini prismatici conformi alla UNI EN 12390/1, di lunghezza inferiore a 600 mm (di norma 10×10×50 cm) in condizioni standard di 20°C e UR 50+5%. Differenti tipi di stagionatura potranno essere richiesti per simulare le reali condizioni di esposizione della struttura.

A livello compositivo, la riduzione del ritiro può essere ottenuta sia agendo sui parametri rapporto acqua-cemento e rapporto aggregato-cemento, sia mediante uso di agenti antiritiro ed espansivi.

Il **ritiro idraulico** nelle reali condizioni dovrà essere valutato utilizzando varie formule disponibili in letteratura considerando, oltre al tipo di calcestruzzo caratterizzato dal ritiro standard misurato come sopra indicato, anche la condizione ambientale di getto e di prima stagionatura, la dimensione e la geometria dell'elemento.

I limiti di accettabilità andranno quindi definiti in base alle specifiche esigenze di progetto ed alle reali condizioni costruttive.

13.3.11.6 Espansione contrastata

L'**espansione contrastata** su calcestruzzi a ritiro compensato (vedi precedenti par 6.2.1.3 e par. 6.3.1.3) andrà misurata secondo UNI 8148, metodo B (a 20°C nei primi 2 giorni a UR > 95% e con protezione di pellicola plastica, poi all'aria con UR 55+5%). Con questo metodo, la norma non prevede dei limiti, che andranno definiti in base alle specifiche esigenze di progetto.

In funzione del sistema espansivo adottato (ad es. a base ossido di calcio o solfo alluminato tetra calcico), il dosaggio di prodotto e l'espansione a breve termine andranno verificate in modo da garantire un'espansione residua a 90gg $\geq 0 \mu\text{m/m}$.

13.3.11.7 Permeabilità all'acqua

La **permeabilità all'acqua** viene misurata secondo la UNI EN 12390-8, su provini stagionati in acqua per 28 giorni.

In accordo al §7.1 delle LL.GG. per il calcestruzzo strutturale, un calcestruzzo viene definito impermeabile quando la penetrazione massima dell'acqua è $\leq 50 \text{ mm}$ e quella media $\leq 20 \text{ mm}$.



13.3.11.8 Gradiente e ritiro termico

Nel caso di **calcestruzzi massivi** o, comunque, in tutti i casi si ipotizzino condizioni di elevato gradiente termico (ad esempio, nel caso di getto in clima molto freddo, anche per strutture non propriamente massive), dovrà essere eseguito un controllo termico in grado di rilevare i seguenti parametri:

- misura della temperatura di picco raggiunta nel nucleo del getto ($T_{\max \text{ cls}}$);
- misura della differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura ($\delta T_{1\max}$);
- misura della differenza tra la massima temperatura registrata con la sonda posizionata all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero e la temperatura ambiente ($\delta T_{2\max}$);
- misura differenza tra la temperatura del nucleo e la massima temperatura all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero ($\delta T_{3\max}$).

L'Impresa dovrà definire, per ogni condizione di temperatura ambiente, modalità e tempi di cassetta in modo che, fino alla rimozione dei casseri, siano soddisfatte tutte le seguenti condizioni:

- $T_{\max} \leq 65^{\circ}\text{C}$
- $\delta T_{1\max} < 50^{\circ}\text{C}$
- $\delta T_{2\max} \leq 20^{\circ}\text{C}$
- $\delta T_{3\max} \leq 20^{\circ}\text{C}$

Eventuali deroghe ai valori di $\delta T_{2\max}$ e $\delta T_{3\max}$, fino ad un massimo di 30°C , potranno essere concesse, previa verifica dell'assenza di fessurazione mediante appositi getti di prova in scala reale.

La determinazione di T_{\max} e dei vari gradienti deve essere effettuata con i seguenti controlli:

- in fase di prequalifica in laboratorio mediante una prova adiabatica o semiadiabatica da concordare con ANAS e/o con la Direzione Lavori su un campione di calcestruzzo tale da poter essere ritenuto rappresentativo per la singola opera in oggetto;



- in sito, in condizioni ambientali più prossime a quelle di prevista fase di getto, mediante la realizzazione di un prototipo da concordare con ANAS e/o con la Direzione Lavori, opportunamente dimensionato e strumentato con termocoppie annegate nel calcestruzzo e posizionate nei punti sopradescritti.

Per la scelta del cemento più idoneo e l'ottimizzazione del suo dosaggio secondo quanto di seguito riportato nel succitato par.2.2.1, a parità di rapporto a/c, si dovrà procedere in fase di qualifica ad una prova di confronto in calcestruzzo, utilizzando diversi tipi di cementi ed eventuali aggiunte minerali di tipo II (es. cenere volante, loppa d'altoforno), con calore di idratazione trascurabile.

Per quanto riguarda le precauzioni relative ai tipi di cassetture ed ai tempi di scasso da adottare per minimizzare i gradienti termici δT_{2max} e δT_{3max} , si rimanda al par.2.2.1.

13.4 Specificazione dei calcestruzzi proiettati

I **calcestruzzi proiettati** dovranno essere specificati come conglomerati a prestazione garantita, con riferimento alla classificazione riportata al precedente par. 2.2.1 ed ai requisiti indicati al § 5 della UNI EN 14487-1.

In ogni caso, dovranno essere prescritti i seguenti parametri:

- classe di consistenza (se si impiega il processo per via umida);
- classe di resistenza;
- classe di esposizione ambientale;
- dimensione massima dell'aggregato;
- classe di contenuto di cloruri;
- resistenza residua e/o capacità di assorbimento di energia (per calcestruzzi fibrerforzati);
- categoria di ispezione (UNI EN 14487-1, §7.2).

La **categoria di ispezione**, in una scala da 1 a 3, definisce il tipo e la frequenza dei controlli che devono essere eseguiti in corso di applicazione del calcestruzzo proiettato.



La scelta della categoria di ispezione deve essere fatta dal progettista, in funzione del tipo e dell'importanza dell'opera, della vita di servizio richiesta e del grado di rischio connesso.

In ogni caso, dovranno essere specificate almeno le categorie di ispezione riportate nella seguente Tabella 14.

Tabella 14: **Calcestruzzi proiettati: categorie minime di ispezione in funzione della tipologia e destinazione d'uso.**

Tipo di intervento	Categoria
Pre-rivestimenti di gallerie secondarie con funzione portante temporanea (se non esiste distinzione tra secondaria e principale, considerare tutto in categoria 3)	2
Pre-rivestimenti di gallerie principali anche con funzione portante temporanea o pre-rivestimenti aventi funzione portante in servizio	3
Stabilizzazione di scavi temporanei	1
Stabilizzazione permanente di pendii di medie dimensioni	2
Stabilizzazione di pendii di grandi dimensioni e/o in presenza di movimenti franosi	3
Consolidamento di elementi portanti e non portanti di ponti viadotti e rivestimenti definitivi di gallerie, ecc.	3

13.5 Acciaio per c.a.: zincatura a caldo per immersione

Il **trattamento preliminare** comprende le operazioni di sgrassaggio decapaggio, risciacquo, flussaggio, essiccamento e preriscaldamento a 400 - 430 K.

Dovrà essere impiegato zinco vergine o di prima fusione in pani da fonderia, corrispondente alla designazione Zn 99,99 delle Norme UNI EN 1179/05, avente contenuto minimo di zinco del 99,99%. Il **bagno di zinco** fuso dovrà avere temperatura compresa tra 710-723°K; in nessun caso, dovrà essere superata la temperatura massima di 730°K.

Il **tempo di immersione** delle barre nel bagno di zinco sarà variabile in funzione del loro diametro e del peso del rivestimento in zinco, che non dovrà mai discostarsi di +10% dalla quantità di 610 g/m² di superficie effettivamente rivestita, corrispondente ad uno spessore di 85 gm ± 10%.

Seguirà il **trattamento di cromatazione**, se previsto in progetto, per impedire eventuali reazioni tra le barre e il calcestruzzo fresco.



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

NOTA Il rivestimento di zinco dovrà presentarsi regolare, uniformemente distribuito, privo di zone scoperte, di bolle, di macchie di flusso, di inclusioni, di scorie, di macchie acide o nere. Dovrà essere aderente alla barra, in modo da non poter venire rimosso da ogni usuale processo di movimentazione, lavorazione e posa in opera.

NOTA Barre eventualmente incollate assieme dopo la zincatura e barre che presentano gocce e/o punte aguzze saranno rifiutate.



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

14 **ALLEGATI**



14.1 ALLEGATO 1: CONTROLLI SUL CEMENTO

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLI FASE PREQ. E QUALIFICA*	CONTROLLI FASE ACCETTAZ.**
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI (tolleranze singoli valori)		
A1	Cemento				
A 1.1	Verifica documentazione:				
A 1.1.1	Verifica attestato conformità CE (compresi valori C3A, K ₂ O e Na ₂ O in caso richiesta cem SR o rischio ASR)	UNI EN 197-1/2011	Attestazione sistema 1+	SI	Ogni fornitura
A 1.1.2	Verifica scheda tecnica produttore				SI
A 1.2	Verifica dei requisiti chimici:				
A 1.2.1	perdita al fuoco(UNI EN 196-2)		per CEM I e CEM III ≤ 5,0%	R	X
A 1.2.2	residuo insolubile (UNI EN 196-2)		per CEM I e CEM III ≤ 5,0%		
A 1.2.3	solfati (UNI EN 196-2)	UNI EN 197/1 Tab4	≤3% (+0,5) Per CEM I SR, CEM IV/A SR e CEM IV/B SR classi 32.5N, 32.5R e 42.5R	R	X
			≤ 3,5% (+0,5) per CEM I, CEM II (tranne B-T), CEM IV e CEM V, per le classi 32.5N-32.5R-42.5N Per CEM I SR, CEM IV/A SR e CEM IV/B SR classi 42.5R, 52.5N e 52.5R		
			≤ 4,0% (+0,5) per CEM I, CEM II (tranne B-T), CEM III (tranne III/C), CEM IV e CEM V, per le classi 42.5R-52.5N-52.5R;		
			≤ 4,5% (+0,5) per CEM II/B-T e CEM III/C		
A 1.2.4	Cloruri (UNI EN 196-2)		≤ 0,10% il CEM III può contenere più del 0,10% dichiarando il contenuto effettivo	R	X
A 1.2.5	Pozzolanicità (UNI EN 196-5)		esito positivo prova per CEM IV tutte le classi (positiva a 8gg in caso di CEM IV SR)		
A 1.2.6	Determinazione del contenuto di C ₃ A(UNI EN 196-2)	UNI EN 197/1 Tab5	verifica solo nel caso di cem resistenti ai solfati =0% CEM I-SR0, ≤3%0 CEM I-SR3, ≤5%0 CEM I-SR5 ≤9% per CEM IV/A SR e CEM IV/B SR Per tutte le classi (+1%)	R solo per cem SR	Solo Inizio fornitura
A 1.3	Verifica dei requisiti fisici e meccanici:				
A 1.3.1	resistenza a compressione iniziale a 2 gg (N/mm ²)	UNI EN 197/1 Tab 3	≥10 (-2) per classe 32.5R-42.5N-52.5L	R	X
			≥ 20 (-2) per classe 42.5R-52.5N		
			≥ 30 (-2) per classe 52.5R		
A 1.3.2	resistenza a compressione iniziale a 7 gg (N/mm ²)	UNI EN 197/1 Tab 3	≥ 12 (-2) per classe 32.5L	R	X
			≥ 16 (-2) per classe 32.5N		
			≥ 16 (-2) per classe 42.5L		
A 1.3.3	resistenza a compressione normalizzata a 28 gg (N/mm ²)	UNI EN 197/1 Tab 3	≥ 32,5 (-2,5) e ≤ 52,5 per classe 32.5-32.5R	R	X
			≥ 42,5 (-2,5)e ≤ 62,5 per classe 42.5-42.5R		
			≥ 52,5 (-2,5) per classe 52.5-52.5R		
A 1.3.4	tempo di inizio presa (minuti)	UNI EN 197/1 Tab 3	≥ 75 (-15) per classe 32.5L-32.N-32.5R	R	X
			≥ 60 (-10) per classe 42.5L-42.5N-42.5R		
			≥ 45 (-5) per classe 52.5L-52.5N-52.5R		
A 1.3.5	Stabilità (espansione) (mm)		≤10 Per tutti i cementi		
A 1.3.6	Calore idratanz. (41h UNI EN 196/8, 7gg UNI EN 196/9)	§ 7.2.3 UNI EN 197/1	≤270J/g (+30) Per tutti i cementi		



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

***Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove R raccomandabili)**, in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle materie prime in fase di qualifica possono essere limitati alla verifica documentale delle certificazioni CE.

****Frequenza delle prove:** prove ogni **500 ton** o ogni **1500mc cls** in corso d'opera. Ogni **3000 ton** o ogni **10.000mc cls** nel caso di consegna mensile dell'attestato di conformità del cementificio riportante i risultati dei controlli di produzione del mese precedente ed i parametri statistici sugli ultimi 6 mesi di produzione. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.1 in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.



	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQ. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
		NORMA	VALORE CARATTERISTICO (tolleranza su singolo valore)		
A2	Ceneri volanti				
A 2.1	Verifica documentazione:	UNI EN 450-1/ 2012			
A 2.1.1	Verifica attestato conformità CE		Attestazione sistema 1+	X	Ogni fornitura
A 2.1.2	Verifica scheda tecnica produttore			X	Inizio fornitura
A 2.1.3	Verifica dosaggio previsto nella ricetta qualificata	§5.2.5.2.2 UNI EN 206-1/ 2006 Fpr EN 206/1-2013 +§4.2 UNI 11104	con CEM I: $cv/c \leq 0,33$; $k=0,4$ con CEM II/A, $cv/c \leq 0,25$; $k= 0,2$ con CEM III/A, CEM IV/A e CEM V/A $cv/c \leq 0,20$ (indicaz. CSA) $(c + k \times cv) \geq cem \text{ min.}$ Classi esp. UNI 11104 $a/(c + k \times cv) \leq a/c \text{ max.}$ Classi esp. UNI 11104	X	X
A 2.2	Verifica dei requisiti chimici:	§ 5 e 8 EN 450-1			
A 2.2.2	perdita al fuoco (1 ora EN 196-2)		Cat. A $\leq 5\%$ - tolleranza +2% Cat. B $\leq 7\%$ - tolleranza +2% Cat. C $\leq 9\%$ - tolleranza +2%	R	X
A 2.2.3	Cl (cloruri) (UNI EN 196/2)		$\leq 0,1\%$	R	X
A 2.2.4	SO ₃ (anidride solforica) (UNI EN 196/2)		$\leq 3\%$ - tolleranza +0,5%	R	X
A 2.2.5	ossido di calcio libero (UNI EN 451-1)		$\leq 1,5\%$ tolleranza +0,1% - sono ammessi contenuti > del 1,5% purché le ceneri siano conformi con il requisito di stabilità	R	X
A 2.2.6	Ossido di calcio reattivo (UNI EN 196-2)		$\leq 10\%$ - tolleranza +1%		
A 2.2.7	Ossido di silicio reattivo (UNI EN 197-1)		$\geq 25\%$		
A 2.2.8	SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ (UNI EN 196-2)		$\geq 70\%$ - tolleranza -5%		
A 2.2.9	Na ₂ O eq (UNI EN 196-2)		$\leq 5\%$ - tolleranza +0,5%	R	X
A 2.2.10	MgO (UNI EN 196-2)		$\leq 4\%$...		
A 2.2.11	P ₂ O ₅ tot ISO 29581-2 e P ₂ O ₅ solubile (Annesso C EN 450-1)		$\leq 5\%$ - tolleranza +0,5% $\leq 100\text{mg/kg}$		
A 2.2.12	stabilità volumetrica 30% cv+70%cem rif. (UNI EN 196-3)		$\leq 10 \text{ mm}$ - tolleranza +1 mm	R	X
A 2.3	Verifica dei requisiti fisici e meccanici:				
A 2.3.1	finezza - trattenuto al vaglio 0,045 mm (EN 451-2 o EN 933-10)	Cat. N $\leq 40\%$ - tolleranza +5% e valore dich. $\pm 10\%$ Cat. S $\leq 12\%$ - tolleranza +1%			
A 2.3.2	massa volumica reale (UNI EN 1097-7)	valore medio dichiarato $\pm 200 \text{ kg/m}^3$, tolleranza $\pm 5\%$	R	X	
A 2.3.3	Tempo inizio presa 25% cv+75% cemrif. (UNI EN 196-3)	≤ 2 volte t.i.presa pasta 100% cem, tolleranza +0,25	R	X	
A 2.3.4	Richiesta d'acqua (annesso B EN 450-1)	< 95% malta 100% cem, toller. +2% solo per cv finezza S:	R	X	
A 2.3.5	indice di attività pozzolanica 25% cv+75%cem rif.(UNI EN 196/1)	a 28gg $\geq 75\%$ - tolleranza -5%	R	X	
		A 90gg $\geq 85\%$ - tolleranza -5%			



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

***Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove raccomandate R),** in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle materie prime in fase di qualifica possono essere limitati alla verifica documentale di cui in A.2.1.

****Frequenza delle prove: Ciascuna fornitura all'impianto** in corso d'opera. **Ogni 1000 ton** ovvero **ogni 10000mc cls** qualora ciascuna fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma UNI EN 450-1 corredato dai risultati completi delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime. In tal caso si manterrà ad ogni fornitura la verifica documentale di tali risultati rispetto ai limiti riportati in tabella A2. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.2 in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.



14.3 ALLEGATO 3: CONTROLLI SUL FUMO DI SILICE

	DESCRIZIONE CONTROLLO	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQ. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ**
		NORMA	VALORE CARATTERISTICO (tolleranza su singolo valore)		
A3	Fumo di silice				
A3.1	Verifica documentazione:	UNI EN 13263-1/2009			
A3.1.1	Verifica attestato conformità CE		Attestazione sistema 1+	X	Ogni fornitura
A3.1.2	Verifica scheda tecnica produttore			X	Inizio fornitura
A3.1.3	Verifica dosaggio previsto nella ricetta qualificata	§5.2.5.2.3 UNI EN 206-1/2006 Fpr EN 206/1-2013 +§4.2 UNI 11104	k=2 con CEM I e CEM II (esclusi cem già contenenti fs) 42.5N o R (=1 per alc >0,45 in cl.esp.XC e XF) fs ≤ 0,11 cem conteggiabile in k × fs (c + k × fs) ≥ cem _{min} . Classi esp. UNI 11104 a/(c + k × fs) ≤ a/c max. Classi esp. UNI 11104 riduzione cem min. clsesposiz. ≤ 30kg/mc	X	X
A 3.2	Verifica requisiti chimici				
A 3.2.1	SiO ₂ (UNI EN 196-2)	§ 5.2 UNI EN 13263-1	≥ 85% per fs classe 1 (-5%) ≥ 80% per fs classe 2 (-5%)		
A 3.2.2	Si elementale(ISO 9286)		≥ 0,4% in massa (+ 0,1%)		
A 3.2.3	CaO libero (UNI EN 451-1)		≤ 1% -	R	
A 3.2.4	Solfati, SO ₄ ⁻ (UNI EN 196-2)		≤ 2%	R	X
A 3.2.5	Alcali tot, Na ₂ O eq (UNI EN 196-2)		Valore dich.	R	X
A 3.2.6	Cloruri, Cl ⁻ (UNI EN 196-2)		se > 0,1 % , valore dichiarato ≤ 0,3%	R	X
A 3.2.7	Perdita al fuoco (1h UNI EN 196-2)		≤ 4,0% (+ 2,0%)	R	
A3.3	Verifica requisiti fisici				
A 3.3.1	superficie specifica (ISO 9277)	§ 5.3 UNI EN 13263-1	Da 15 (-1,5) a 35 m ² /g		
A 3.3.2	Contenuto sostanza secca in prodotto in sospensione acquosa		Valore dich ± 2%	R	X
A 3.3.3	indice di attività pozzolanica malta 10% fs+90%cem rif.(UNI EN 196/1)		A 28gg Rc= 100% Rc malta con solo cem. Rif. (-5%)	R	X

*Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove raccomandate R), in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle materie prime in fase di qualifica possono essere limitati alla verifica documentale di cui in A.3.1.

Frequenza delle prove: Ciascuna fornitura all'impianto in corso d'opera. Ogni **1000 ton ovvero ogni **10000 mc di cls** qualora ciascuna fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma UNI EN 13263-1 corredato dai risultati completi delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime. In tal caso si manterrà ad ogni fornitura la verifica documentale di tali risultati rispetto ai limiti riportati in tabella A2. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.3 in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.



14.4 ALLEGATO 4: CONTROLLI SU LOPPA D'ALTOFORNO GRANULATA MACINATA

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQ. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
		NORMA	VALORE CARATTERISTICO (tolleranza su singolo valore)		
A4	Loppa d'altoforno granulata macinata				
A 2.1	Verifica documentazione:	UNI EN 15167-1/2006			
A 2.1.1	Verifica attestato conformità CE		Attestazione sistema 1+	X	Ogni fornitura
A 2.1.2	Verifica scheda tecnica produttore			X	Inizio fornitura
A 2.1.3	Verifica dosaggio previsto nella ricetta qualificata	§5.2.5.2.4 Fpr EN 206/1-2013	con CEM I e CEM II/A: ggbs/c ≤1; k=0,60 (c + k × ggbs) ≥cem min. Classi esp. UNI 11104 a/(c + k × ggbs) ≤ a/c max. Classi esp. UNI 11104	X	X
A 2.2	Verifica dei requisiti chimici:				
A 2.2.1	perdita al fuoco (1 ora EN 196-2)	§ 5 e 8 EN 450-1	≤ 3% - tolleranza +0,5%	R	X
A 2.2.2	Cl ⁻ (cloruri) (UNI EN 196/2)		≤ 0,1% ; se superiore ≤valore dichiarato	R	X
A 2.2.3	SO ₃ (anidride solforica) (UNI EN 196/2)		≤ 2,5% - tolleranza +0,5%	R	X
A 2.2.4	Solfiti, H ₂ S (UNI EN 196/2)		≤ 2,0% - tolleranza +0,5%	R	X
A 2.2.5	MgO (UNI EN 196-2)		≤18 % tolleranza +1%		
A 2.2.6	SiO ₂ +MgO+CaO(UNI EN 196-2) Al ₂ O ₃ + comp. minori (UNI EN 196-2)		≥2/3 in massa Rimanente ≤1/3 in massa		
A 2.2.7	(Cao+MgO)/SiO ₂ (UNI EN 196-2)		≥1%	R	X
A 2.2.9	Na ₂ O eq (UNI EN 196-2)		≤valore dich %- tolleranza +0,5%	R	X
A 2.2.9	Umidità (Annesso A UNI EN 15167)		≤ 1%- tolleranza +0,5%	R	X
A 2.3	Verifica dei requisiti fisici e meccanici:				
A 2.3.1	finezza blaine (UNI EN 196-6)		>275 m ² /kg, tolleranza -15 m ² /kg		
A 2.3.2	massa volumica reale (UNI EN 1097-7)		valore medio dichiarato	R	X
A 2.3.3	Tempo inizio presa 50% cv+50% cemrif. (UNI EN 196-3)		≤ 2 volte t.i.presa pasta 100% cem, tolleranza +0,25	R	X
A 2.3.4	indice di attività pozzolanica 50% cv+50%cem rif.(UNI EN 196/1)		a 7gg ≥45% - tolleranza -5% A 28gg≥70% - tolleranza -5%	R	X

*Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove raccomandate R), in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle materie prime in fase di qualifica possono essere limitati alla verifica documentale di cui in A.2.1.

**Frequenza delle prove: Ciascuna fornitura all'impianto in corso d'opera. Ogni 1000 ton ovvero ogni 10000 mc cls qualora ciascuna fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma UNI EN 450-1 corredato dai risultati completi delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime. In tal caso si manterrà ad ogni fornitura la verifica documentale di tali risultati rispetto ai limiti riportati in tabella A2. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.2 in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.



14.5 ALLEGATO 5: CONTROLLI SUGLI AGGREGATI PER CALCESTRUZZO

Esclusi gli aggregati leggeri marcati CE secondo norma UNI EN 13055 (in redazione ALLEGATO 5bis)

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI (tolleranze singoli valori)		
A5	Aggregati				
A 5.1	Verifica documentazione				
A 5.1.1	Verifica attestato conformità CE	UNI EN 12620/2013 + UNI 8520/2-2005	Attestazione sistema 2+	X	X
A 5.1.2	Verifica documentazione tecnica produttore e classificazione eventuali aggregati riciclo		Categorie Tab 22 EN 12620 e Tab.A.1 Annesso A***	X	X
A 5.2	Verifica requisiti chimici				
A 5.2.1	esame petrografico (UNI EN 932/3)	§4.3 e prosp. 1 UNI 8520-2	assenza di gesso e anidride (vedi limiti p.ti A.5.2.2 e A 5.2.2 3) silice reattiva (se presente obbligo prova A.5.2.5), miche e scisti cristallini, silicati instabili o composti ferro per scorie metallurgiche.	R	X (solo alla prima fornitura)
A 5.2.2	potenziale reattività in presenza di alcali (8520/22)		espansione di prismi di malta: prova accelerata $\leq 0,10\%$; se $>0,10\%$ eseguire prova a lungo termine; prova a lungo termine $\leq 0,05$ a 3 mesi e $\leq 0,10\%$ a 6 mesi	R (in caso di rischi evidenziati da petrografia)	X (in caso di rischi evidenziati da petrografia)
A 5.2.3	contenuti di solfati solubili in acqua (p.to UNI EN 1744/1)	§ 6.4.3 EN 12620	Solo per aggregati riciclati		
A 5.2.4	contenuti di solfati solubili in acido (p.to 12 UNI EN 1744/1)	prosp. 5 e 7 UNI 8520-2	$SO_3 \leq 0,8\%$ per aggregati fini e filler $SO_3 \leq 0,2\%$ per aggregati grossi	R	X
A 5.2.5	contenuto totale di zolfo (nel caso di presenza di solfuri ossidabili) (p.to 11 UNI EN 1744/1)		$S \leq 1\%$ per aggregati naturali e filler $S \leq 2\%$ per loppe altoforno $\leq 0,1\%$		
A 5.2.6	contenuto di cloruri solubili in acqua (p.to 7 UNI EN 1744/1)		$\leq 0,03\%$ (valore raccomandato salvo diversa verifica contenuto totale cloruri nel cls conforme a prosp. 10 UNI EN 206/1)	R	X
A 5.2.7	contenuto di parti leggere e vegetali (p.to 14.2 UNI EN 1744/1)		Aggr. fini $\leq 0,5\%$ Aggr. grossi $\leq 0,1\%$ riduzione del 50% in caso di utilizzo per c a vista	R	X
A 5.2.8	Costituenti che alterano la presa e l'indurimento	prosp. 5 e 7 UNI 8520-2 + § 6.7.1 EN 12620	Per aggregati e filler		
a	contenuto di sostanze organiche (umica) (p.to 15.1 UNI EN 1744/1)		Colore della soluzione non più scuro dello standard di riferimento	R	X
b	contenuto acido fulvico (p.to 15.2 UNI EN 1744/1)		Solo se prova a) non conforme: colore della soluzione non più scuro dello standard di riferimento	R (se prova a) non conforme)	X (se prova a) non conforme)
c	Prova in malta (p.to 15.3 UNI EN 1744/1)		Solo se prova b) non conforme: variazione tempo di presa rispetto malta riferimento $\leq 120'$ Riduzione Rc a 28gg rispetto a malta riferimento $\leq 20\%$		
A 5.2.9	Disintegrazione del silicato di calcio e del ferro (p.to 14.2 UNI EN 1744/1)	§ 6.7.2 EN 12620	Solo per aggregati da loppa d'altoforno: disintegrazione assente	R	X



	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
A 5.3	Verifica requisiti fisici				
A 5.3.1	massa volumica media del granulo saturo a superficie asciutta (UNI EN 1097-6)	prosp. 4 e 7 UNI 8520-2	$\geq 2300 \text{ kg/m}^3$ Per filler $\geq 2000 \text{ kg/m}^3$	R	X
A 5.3.2	assorbimento d'acqua (UNI EN 1097-6)	prosp. 4 UNI 8520-2	$\leq 4\%$ (limite capitolato) Se $\geq 1\%$ con classi di esposizione XF deve essere verificata resist. gelo (p.to ...)	R	X
A 5.3.3	Granulometria (UNI EN 933/2)	§ 4 e prosp. 7 UNI 8520-2	categorie prosp. 2,3,5,6 UNI EN 12620 (tolleranze prosp. 3,4,7)	R	X***
A 5.3.4	Contenuto in polveri: passante al vaglio $63 \mu\text{m}$ (UNI EN 933/2)		Sabbia o misto non frantum. $\leq 3\%$ Sabbia frantum.da depositi alluvion. $\leq 10\%$ Sabbia frantum.da roccia $\leq 16\%$ Aggr. grossi non frantum. $\leq 1,5\%$ Aggr. grossi frantum. $\leq 4\%$	R	X***
A 5.3.5	Equivalentente in sabbia, SE su fraz. $\leq 4\text{mm}$ (EN 933/8)	UNI 8520/2 UNI	Solo in caso di superamento dei limiti del passante a $63 \mu\text{m}$ ≥ 80 per aggregati non frantumati ≥ 70 per aggregati frantumati	R (se pass. $63 \mu\text{m}$ oltre i limiti)	X (se pass. $63 \mu\text{m}$ oltre i limiti)
A 5.3.6	Valore di blu di metilene, MB su fraz. $\leq 2\text{mm}$ (EN 933/9, per i filler appendice A)	UNI 8520/2 UNI EN 933/9	Solo in caso di non conformità ai limiti de SE, MB $\leq 1,2 \text{ g/kg}$, Per i filler $\leq 12 \text{ g/kg}$,	R (se SE oltre i limiti)	X (se SE oltre i limiti)
A 5.3.7	Confronto in calcestruzzo con aggregati noti conformi (UNI 8520/21)	Prosp.6 8520/2	Solo in caso di non conformità ai limiti de SE ed MB $R_c 28\text{gg} \geq 85\% R_c$ con aggregato noto $E_s 28\text{gg} \geq 90\% E_s$ con aggregato noto		
	Prove aggiuntive per particolari utilizzi				
A 5.3.8	Resistenza alla frammentazione aggregati grossi (UNI EN 1097/2)		dichiarata secondo le categorie del prospetto 16 della EN 12620 (per cls $R_{ck} \geq C50/60$, $LA \leq LA_{30}$)	R (per $R_{ck} \geq 50\text{MPa}$)	X
A 5.3.9	resistenza aggregati grossi ai cicli di gelo e disgelo senza (UNI EN 1367/1) e con sali disgelanti (UNI EN 1367/6)	Prosp.6 8520/2	Classe dichiarata secondo le categorie dei prospetti 29 e 30 della EN 12620; Per cls in classe XF perdita massa $\leq 2\%$ ($\leq F2$ o F_{EC2})	R (solo per uso in cls in classi XF)	X
A 5.3.10	degradabilità aggregati grossi agli attacchi di soluzioni solfatiche (UNI EN 1367/2)		Classe dichiarata secondo le categorie del prospetto 27 Della EN 12620 Richiesta per cls in classe XF: perdita di massa $\leq 25\%$ ($\leq MS 25$)		
A 5.3.11	indici di forma (SI) e di appiattimento (FI) per aggregati grossi (UNI EN 933/3-4)	§ 4.8 8520/2	valori da dichiarare secondo prospetti 11 e 12 EN 12620 (influenti su lavorabilità cls e resistenza a flessione)		
A 5.3.12	Percentuale particelle frantumate (UNI EN 933/5)		valori da dichiarare secondo prospetti 13 e 14 EN 12620 per (influenti su lavorabilità cls)		
A 5.3.13	Resistenza alla levigabilità e abrasione senza (UNI EN 1097-8) e con pneum. chiodati (UNI EN 1097-9)	n.d.	Solo per aggregati destinati a cls soggetti ad usura superficiale Classe dichiarata secondo le categorie del prospetti 19,20 e 21 della EN 12620		



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

A 5.3.14	Resistenza all'usura Microdeval (UNI EN 1097-21)	n.d.	Solo per aggregati destinati a cls soggetti ad usura superficiale Classe dichiarata secondo le categorie del prospetti 18 della EN 12620		
----------	--	------	---	--	--

**** Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove R raccomandabili),** in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, con esclusione degli aggregati riciclati, i controlli sugli aggregati in fase di prequalifica e qualifica possono essere limitati alla verifica documentale delle certificazioni CE.

**** Frequenza delle prove accettazione:** a ogni cambio di cava o del fronte di coltivazione della cava; ogni 10.000 mc di cls gettato; (***) ogni 4000 mc

***** Impiego Aggregati riciclati:** Possono essere utilizzati solo aggregati presenti nella **Tabella A.1** della EN 12620 con positiva esperienza di utilizzo("history of use YES) eventualmente anche con speciali requisiti già contenuti nella EN 12620 ("Special requirements in standards"=YES).

Per quelle tipologie che, ferma restando la positiva esperienza di utilizzo, sia stata rilevata la necessità di verifica di requisiti aggiuntivi rispetto a quelli indicati nella EN 12620 ("Additional requirements identified for inclusion" = YES) la norma è ancora applicabile in maniera provvisoria nell'attesa che vengano definiti metodi di valutazione aggiuntivi eventualmente già previsti dalle norme nel luogo di utilizzo.

Tutti gli aggregati rientranti nel campo di applicazione della EN 12620, andranno marcati CE per i requisiti dell'annesso ZA della EN 12620 e dovranno rientrare nei limiti nazionali della UNI 8520/2. In particolare, per quanto riguarda gli aggregati da demolizione (categorie Rc), valgono gli specifici limiti nazionali riportati nella Tab. 11.2.III delle NTC, DM 14-01-2008. In caso di utilizzo di aggregati riciclati sarà comunque obbligatorio procedere con prove di prequalifica e qualifica sia sugli aggregati che sui calcestruzzi (Allegato 9) anche in impianti dotati di certificazione FPC.



14.6 ALLEGATO 6: CONTROLLI SU ACQUA D'IMPASTO PER CALCESTRUZZO

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	RIFERIMENTI		CONTROLLI PR. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI (tolleranze singoli valori)		
A 6	Acqua d'impasto	UNI EN 1008-2003			
A 6.1	Verifica fonte di approvvigionamento e certificazione	§3 UNI EN 1008-2003	Potabile, di recupero da produzione cls, sotterranea, naturale di superficie, da reflui industriali, salmastra (solo per cls non armato)	X	X
A 6.2	Valutazione preliminare:				
A 6.2.1	Odore (§6.1.1 UNI EN 1008)	Prosp. 1 UNI EN 1008	Come acqua potabile, leggero odore di cemento o di idrogeno solforato	X	X
A 6.2.2	Colore (§6.1.1 UNI EN 1008)		Da incolore a giallo pallido	X	X
A 6.2.3	Presenza detersivi e schiuma (§6.1.1 UNI EN 1008)		Rifiutare in caso di schiuma stabile per oltre 2min dopo agitazione 30sec	X	X
A 6.2.4	osservazione visiva oli, grassi, (§6.1.1 UNI EN 1008)		Solo tracce visibili	X	X
A 6.2.5	Sostanza umica (§6.1.2 UNI EN 1008)		Accettabile colore marrone giallastro o più pallido dopo aggiunta NaOH	X	X
A 6.2.6	PH		≥ 4	X	X
A 6.2.7	Sostanze in sospensione (§6.1.1 UNI EN 1008 o § A.4.4app. A4)	Prosp. 1 UNI EN 1008 + o § A.3 app. A4)	Acque di processo cls: per Mv>1,01 kg/l, materiale solido omogeneamente distribuito ≤ 1% in peso massa totale aggregati; Acqua da altre:fonti sedimento ≤4ml	X	X
A 6.2.8	Massa volumica (§ A.5 App. A4, procedura di misura da specificare in manuale FPC es.)	§ A.4.3 app. A4)	Solo per acque di processo cls: determinata ogni giorno utilizzo su campioni omogeneizzati; per Mv>1,01kg/l vedi p.to A 6.2.7	X	X
A 6.3	Prove chimiche:				X
A 6.3.1	contenuti di solfati (estratti 196-2/2013)	§ 4.3.2 UNI EN 1008	SO ₄ ⁻⁻ ≤ 2000 mg/litro	X	X
A 6.3.2	contenuto di cloruri (estratti 196-2/2013)	Prosp. 2 UNI EN 1008	c.a.pCl ≤ 500 mg/litro c.a. Cl ⁻ ≤ 1000 mg/litro non armato Cl ⁻ ≤ 4500 mg/litro	X	X
A 6.3.3	contenuto alcali (estratti 196-2/2013)	§ 4.3.3 UNI EN 1008	Na ₂ O eq. ≤ 1500 mg/litro	X	X
A 6.3.4	Zuccheri	Prosp. 3 UNI EN 1008	≤ 100 mg/litro	X	X
A 6.3.5	Fosfati, P ₂ O ₅		≤ 100 mg/litro	X	X
A 6.3.6	Nitrati, NO ₃ (ISO 7890-1)		≤ 500 mg/litro	X	X
A 6.3.7	Piombo, Pb ²⁺		≤ 100 mg/litro	X	X
A 6.3.8	Zinco, Zn ²⁺		≤ 100 mg/litro	X	X
A 6.4	Prove fisico meccaniche				
A 6.4.1	Confronto tempo di presa provini pasta con acqua produzione e acqua distillata (UNI EN 196/3)	§ 4.4 e 6.1 UNI EN 1008	1h ≤ t.i.p ≤ 25% t.i.p pasta con acqua distillata t.f.p ≤ 25% t.f.p pasta con acqua distillata e ≤ 12h	Solo in presenza delle sostanze di cui ai punti A.6.3.4- A.6.3.8	Solo in presenza delle sostanze di cui ai punti A.6.3.4- A.6.3.8
A 6.4.2	Confronto Rc 3 provini malta con acqua produzione e acqua distillata (UNI EN 196/1)		Rc > 90% Rccls o malta con acqua distillata		
A 6.4.3	Confronto Rc 3 provini cls con acqua produzione e acqua				



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

	distillata (UNI EN 12390-2,3)				
--	-------------------------------	--	--	--	--

***Frequenza delle prove in prequalifica e qualifica:** nessuna in caso di utilizzo di acqua potabile. In caso contrario, alla prequalifica e/o alla qualifica della miscela di calcestruzzo.

** **Frequenza delle prove in fase di accettazione:** nessuna in caso di utilizzo di acqua potabile; . In caso contrario, ogni mese.



14.7 ALLEGATO 7: CONTROLLI SU ADDITIVI ED AGENTI ESPANSIVI

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	RIFERIMENTI		CONTROLLI PR EQUAL. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI (toleranze singoli valori)		
A 7a	Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione: per calcestruzzi per malte iniezioni cavi precomp. Per cls proiettato	UNI EN 934/1 '08 requisiti comuni 934/2 '12 *** 934/4 '09 934/5 '08			
A 7a.1	Verifica documenti				
A 7a.1.1	Verifica attestato conformità CE		Attestazione sistema 2+secondoapp. ZA norme riferimento con le frequenze indicate in: prospetto 13 UNI EN 934/2 prospetto 2 UNI EN 934/4 prospetto 5 UNI EN 934/5	X	Ogni fornitura
A 7a.1.2	Verifica scheda tecnica produttore		Verifica limiti dosaggi e condizioni utilizzo	X	Inizio fornitura
A 7a.1.3	Verifica dosaggi previsti in ricette		Verifica corrispondenza a dosaggi raccomandati in scheda tecnica	X	Inizio fornitura
A 7a.2	Verifica requisiti generali				
A 7a.2.1	Esame visivo omogeneità e colore		Omogeneo, assenza separazioni, colore uniforme e simile alla descrizione del produttore	R	
A 7a.2.2	Componente effettivo da spettro IR (UNI EN 480/6)		Nessuna variazione significativa rispetto a spettro certificazione prodotto	R	
A 7a.2.3	Massa volumica assoluta, solo per additivi liquidi (ISO 758 o alternativo)	Prosp. 1 UNI EN 934/1	$D \pm 0,03$ se $D > 1,1$ kg/l $D \pm 0,02$ se $D \leq 1,1$ kg/l con D, valore dichiarato da produttore	R	Inizio fornitura e ogni 10000mc cls fornito
A 7a.2.4	Contenuto di secco convenzionale (UNI EN 480/8)		$0,95T \leq X \leq 1,05T$ se $T \geq 20\%$ $0,90T \leq X \leq 1,10T$ se $T \leq 20\%$ con T, valore dichiarato da produttore	R	
A 7a.2.5	PH, solo per additivi liquidi (ISO 4316)		valore entro intervallo dichiarato da produttore		
A 7a.2.6	Cloruri solubili in acqua (UNI EN 480/8)		$\leq 0,1\%$ in massa (prodotto "senza cloruri") o \leq valore dichiarato produttore		
A 7a.2.7	Alcali Na_2O eq. (UNI EN 480/8)		\leq % in massa dichiarata da produttore		
A 7b	Agenti espansivi non metallici: per malte e calcestruzzi	UNI 8146, UNI 8147 UNI 8148			
A 7b.1	Verifica documenti			X	X
A 7b.1.1	Verifica eventuale certificazione volontaria secondo UNI 8148		Verifica limiti dosaggi e condizioni utilizzo	X	Inizio fornitura
A 7b.1.2	Verifica scheda tecnica produttore		Verifica limiti dosaggi e condizioni utilizzo	X	Inizio fornitura
A 7b.1.3	Verifica dosaggi previsti in ricette		Verifica corrispondenza a dosaggi indicati in scheda tecnica	X	Inizio fornitura
A 7b.2	Verifica requisiti prestazionali				
A 7b.2.1	Tempi di inizio e fine presa (UNI 7123)	UNI 8146 § 2.7 NTC sez. 2 - CSA	t.p. cls con espansivo = t.p. cls senza espansivo $\pm 30'$	X	
A 7b.2.2	Resistenza a compressione a 28gg (UNI EN 12390/8)		Rccls con espansivo \geq Rccls senza espansivo pari consistenza	X	
A 7b.2.3	Espansione contrastata (UNI 8148 metodo A, in acqua satura di calce)		a 7gg $\geq 200 \mu\text{m}/\text{m}$; a 28gg \geq esp. 7gg	X	
	(UNI 8148 metodo B, UR $> 95\%$ con pellicola plastica per 2gg, poi a UR $55 \pm 5\%$)		Salvo diverse specifiche di progetto: a 1gg $\geq 400 \mu\text{m}/\text{m}$; a 7gg $\geq 200 \mu\text{m}/\text{m}$; a 28gg $\geq 100 \mu\text{m}/\text{m}$; a 90gg $\geq 0 \mu\text{m}/\text{m}$	X	Inizio fornitura e ogni 10000mc cls fornito



	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	RIFERIMENTI		CONTROLLI REQUAL. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI (toleranze singoli valori)		
A 7c	Agenti riduttori di ritiro SRA	n.d.		X	X
A 7c1	Verifica documenti				
A 7c.1.2	Verifica scheda tecnica produttore		Verifica limiti dosaggi e condizioni utilizzo	X	Inizio fornitura
A 7c.2	Verifica requisiti prestazionali				
A 7c.2.1	Tempi di inizio e fine presa (UNI 7123)		Verifica variazioni t.p. rispetto a cls senza SRA	se rilevante per il tipo di applicazione	
A 7c.2.2	Resistenza a compressione a 1 o 2g e 28gg (UNI EN 12390/8)		Verifica variazioni R _c rispetto a cls senza SRA	X	
A 7c.2.3	Ritiro idraulico libero (UNI)		Verifica riduzioni rispetto a cls senza SRA Salvo diverse specifiche di progetto: a 60gg ≤400µm/m; a 90gg ≤500µm/m	X	Inizio fornitura e ogni 10000mc cls fornito

***Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove raccomandate R)**, in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sugli additivi con obbligo di marcatura CE in fase di prequalifica e qualifica possono essere limitati alla verifica documentale di cui in A.7a.1. Non sono previste verifiche sulle proprietà specifiche degli additivi (riduzione d'acqua, aumento e mantenimento consistenza, aria inglobata, acqua essudata, tempi di presa, resistenza a compressione, impermeabilità) per le quali si rimanda direttamente alle verifiche delle proprietà dei calcestruzzi additivati riportate in Allegato 9 o al §7.5 delle NTC del CSA per i calcestruzzi proiettati ovvero al § 9.9 per le malte da iniezione dei cavi da precompressione.

****Frequenza delle prove:** come indicato in tabella nel caso ogni fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma UNI EN 934/2,4,5 corredato dai risultati delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime, le verifiche in cantiere segnalate in tabella saranno eseguite. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.7 in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.

***** la UNI EN 934-2 regola la produzione di** riduttori di acqua/fludificanti (Prosp. 2), riduttori di acqua ad alta efficacia/superfludificanti (prosp. 3.1-3.2), ritardanti d'acqua (prosp. 4), aeranti (prosp. 5), acceleranti di presa (prosp. 6), acceleranti di indurimento (prosp. 7), ritardanti di presa (prosp. 8), resistenti all'acqua (prosp. 9), riduttori di acqua/fludificanti +ritardanti di presa (Prosp. 10), riduttori di acqua/fludificanti +acceleranti di presa (Prosp. 12), riduttori di acqua ad alta efficacia/superfludificanti +ritardanti di presa (Prosp. 11.1 e 11.2),



14.8 ALLEGATO 8: CONTROLLI SULLE FIBRE

	DESCRIZIONE CONTROLLO	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQ. E QUALIFICA *	CONTROLLO FASE ACCETTAZ **
		NORMA	VALORE CARATTERISTICO (tolleranza su singolo valore)		
A8a	Fibre metalliche per calcestruzzo				
A8a.1	Verifica documentazione:				
A 8a.1.1	Verifica attestato conformità CE	UNI EN 14889-1 (metalliche)	Attestazione sistema 1 per malte e cls strutturali; 3 per altri impieghi	X	Ogni fornitura
A 8a.1.2	Verifica scheda tecnica produttore		Verifica dosaggi raccomandati per raggiungere prestazione p.to A 8.3.2	X	Inizio fornitura
A 8a.1.3	Verifica dosaggio previsto nella ricetta qualificata		Verifica conformità ai dosaggi minimi raccomandati dal produttore	X	Inizio fornitura
A8a.2	Verifica requisiti identificazione				
A 8a.2.1	Classificazione gruppo in base tipologia produzione e forma	(§ 5.1. UNI EN 14889-1)	Gruppi da I a V		
A 8a.2.2	Lunghezza (§ 5.2.2 UNI EN 14889-1)	Prosp. 1 UNI EN 14889-1	Da norma :valore dichiarato. Raccomandato : 20 - 40 mm	R	
A 8a.2.3	Diametro eq. o spessore (§ 5.2.3 UNI EN 14889-1)		Da norma :valore dichiarato.	R	
A 8a.2.4	rapporto d'aspetto (l/D _{eq})		Da norma: valore dichiarato. Raccomandato: 50 - 80	R	
A 8a.2.5	Massa volumica lineare	§5.2.3.3 UNI EN 14889-1	Nominale acciaio: 7850 kg/mc Nominale acciaio Inox 7950 kg/mc		
A 8a.2.6	Resistenza a trazione (EN 10002-1 + §5.3 EN 14889-1)	§5.3 UNI EN 14889-1	Valore dichiarato		
A 8a.2.7	modulo elastico (EN 10002-1 + §5.3 EN 14889-1)	§5.4 UNI EN 14889-1	Da norma: valore dichiarato Circa 200000 MPa per acciaio; Circa 170000 MPa per acciaio inox		
A8a.3	Verifica requisiti prestazionali in calcestruzzo				
A 8a.3.1	Effetto sulla consistenza rispetto a clsriferimento senza fibre (UNI EN 12350-3 Vebè test)	§5.7 UNI EN 14889-1	Variazione dichiarata della lavorabilità rispetto a cls di riferimento EN 14845-1 con un dosaggio di fibre in grado di garantire la prestazione A8a.3.2 ed eventuali aggiunte di superfluidificanti	Vedi verifiche Allegato 9	
A 8a.3.2	Effetto sulla resistenza a flessione residua su travi intagliate e caricate in mezzera (EN 14845-2, EN 14651)	§ 5.8 UNI EN 14889-1	Dosaggio di fibre dichiarato necessario a raggiungere R _f = 1,5MPa con CMOD =0,5mm e R _f =1,0MPa per CMOD=3,5mm su cls di riferimento EN 14845-1	Vedi verifiche Allegato 9	

***Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera:** in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle fibre in fase di prequalifica e qualifica possono essere limitate alla verifica documentale e alle sole prove R (raccomandate). Non sono richieste verifiche dei requisiti prestazionali rispetto al calcestruzzo di riferimento UNI EN 14845-1 rimandando direttamente al IE verifiche dei calcestruzzi fibrorinforzati da progetto definite in Allego 9 ai punti A.9.2.5 e A.9.4.3.

****Frequenza delle prove:** Solo documentale ad inizio fornitura qualora ciascuna fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma Uni EN 14889-1 corredato dai risultati completi delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.8a in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.



	DESCRIZIONE CONTROLLO	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQ. E QUALIFICA *	CONTROLLO FASE ACCETTAZ **
		NORMA	VALORE CARATTERISTICO (tolleranza su singolo valore)		
A8b	Fibre polimeriche per calcestruzzo				
A 8b.1	Verifica documentazione:				
A 8b.1.1	Verifica attestato conformità CE	UNI EN 14889-2 (polimer.)	Attestazione sistema 1 per malte e cls strutturali; 3 per altri impieghi	X	Ogni fornitura
A 8b.1.2	Verifica scheda tecnica produttore		Verifica dosaggi raccomandati per raggiungere prestazione p.to A 8.3.2	X	Inizio fornitura
A 8b.1.3	Verifica dosaggio previsto nella ricetta qualificata		Verifica conformità ai dosaggi minimi raccomandati dal produttore	X	Inizio fornitura
A 8b.2	Verifica requisiti identificazione				
A 8a.2.1	Classificazione e forma	§5.1 UNI EN 14889-2	Classi Ia microfibre monofilamento Classi Ib microfibre fibrillate Classe II macrofibre per incremento della resistenza residua a flessione		
A 8b.2.2	Lunghezza	Prosp. 1 UNI EN 14889-2	Da norma :valore dichiarato. Raccomandato in CSA: 20 - 40 mm per macrofibre Classe II per incremento resistenza a flessione residua		
A 8b.2.3	diametro o spessore		Da norma :valore dichiarato. >0,30mm per macrofibre classe II per incremento resistenza a flessione residua ≤0,30mm per microfibre Classe I a monofilamento o fibrillate		
A 8b.2.4	rapporto d'aspetto (l/D _{eq})		Da norma: valore dichiarato. Raccomandato in CSA: 50 - 80 per macrofibrecls II		
A 8a.2.5	Massa volumica lineare (EN 13392)		Valore dichiarato		
A 8b.2.6	Resistenza a trazione (ISO 2062 , EN 10002-1	§5.4 UNI EN 14889-1	Valore dichiarato		
A 8a.2.7	modulo elastico (EN 10002-1 +§5.3 EN 14889-1)	§5.5 UNI EN 14889-1	Valore dichiarato		
A 8b.2.8	Punto di fusione e combustione (ISO 11357-3)	§5.6 UNI EN 14889-1	Valore dichiarato		
A 8b.3	Verifica requisiti prestazionali in calcestruzzo				
A 8b.3.1	Effetto sulla consistenza rispetto a cls senza fibre (UNI EN 12350-3 Vebè test)		Variatione dichiarata della lavorabilità rispetto a cls di riferimento EN 14845-1 con un dosaggio di fibre in grado di garantire la prestazione A 3.3.1 ed eventuali aggiunte di superfluidificanti	Vedi verifiche Allegato 9	
A 8b.3.2	Effetto sulla resistenza a flessione residua su travi intagliate e caricate in mezzeria (EN 14845-2, EN 14651)		Dosaggio di fibre dichiarato necessario a raggiungere R _f = 1,5MPa con CMOD =0,47mm e R _f =1,0MPa per CMOD=3,5mm su cls di riferimento EN 14845-1	Vedi verifiche Allegato 9	



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

***Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera:** in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle fibre in fase di prequalifica e qualifica possono essere limitate alla verifica documentale e alle sole prove R (raccomandate). Non sono richieste verifiche dei requisiti prestazionali rispetto al calcestruzzo di riferimento UNI EN 14845-1 rimandando direttamente alle verifiche dei calcestruzzi fibrorinforzati da progetto definite in Allego 9 ai punti A.9.2.5 e A.9.4.3.

****Frequenza delle prove:** Solo documentale ad inizio fornitura qualora ciascuna fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma Uni EN 14889-1 corredato dai risultati completi delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.8b in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.



14.9 ALLEGATO 9: CONTROLLI SULLE MISCELE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
A9	Calcestruzzo	MISCELE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO				
A 9.1	Verifica documenti					
A 9.1.1	Certificazione impianto			X	X	Prima fornitura
A 9.1.2	Disponibilità dossier prequalifica e/o qualifica			X	X	Prima fornitura
A 9.2	Verifiche composizionali					
A.9.2.1	Combinazione granulometria degli aggregati (UNI EN 932/1)	CSA; § 4.4.UNI 8520-2	La miscela deve essere costituita da almeno tre classi granulometriche diverse o due classi in caso di $D_{max} \leq 10mm$	X	X	
A.9.2.2	D_{max} aggregato (UNI EN 932/1)	§ 3.1 CSA;	Verifica rispetto limiti di progetto correlati a copriferro, interferro e sezione minima struttura	X	X	X
A.9.2.3	Dosaggio cemento, acqua totale ed efficace, a/c, a/(c + k x aggiunta)					
a	Valori dichiarati in ricetta nominale (§ 5.3, §5.2.5UNI EN 206-1)	CSA; prosp 4. UNI 11104	Verifica conformità a classe esposizione di progetto	X	X	Prima fornitura
b	Verifica con report pesate, misura umidità aggregati e rese impianti (§ 5.4.2 UNI EN 206-1)	CSA	Verifica conformità a classe esposizione di progetto e a valori nominali dichiarati	X (a/c = a/c nomin. $\pm 0,02\%$)	X (a/c = a/c prequal. $\pm 0,03\%$)	
c	Verifica con misura acqua totale per bruciatura cls (UNI 11201)	§ 3.4 NTC sez. 2 -CSA		X (a/c = a/c nomin. $\pm 0,02\%$)	X (a/c = a/c prequal. $\pm 0,03\%$)	Prima fornitura e ogni 1500 mc di cls fornito (a/c = a/c qualifica $\pm 0,03\%$)
A.9.2.4	Contenuto di cloruri (§5.2.7 UNI EN 206-1: calcolo somma contributi dei vari componenti)	§ 3.3 NTC sez. 2 -CSA § prosp. 10 UNI EN 206-1	% rispetto a dosaggio cemento: $\leq 1\%$ per cls normale (non armato) $\leq 0,4\%$ per c.a. ($\leq 0,2\%$ se richiesto) $\leq 0,2\%$ per c.a.p. ($\leq 0,1\%$ se richiesto)	X	X	riverifica nel caso di rilevato aumento del contenuto di cloruri nei materiali componenti



	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
A.9.3	Verifiche prestazioni principali					
A.9.3.1	Campionamento (UNI EN 12350/1)				X	
A.9.3.2	Temperatura aria e cls (§ 3.4 NTC sez. 2 -CSA, precisione $\geq 1^\circ\text{C}$)	§ 8.4.1 e 8.4.2 NTC sez. 2 -CSA	Climi freddi: Aria e cls $\geq 5^\circ\text{C}$ Se aria $0-5^\circ\text{C}$, riscaldam. cls $\geq 10^\circ\text{C}$ se aria $-4-0^\circ\text{C}$, solo getti fondaz.e riscaldam. cls $\geq 10^\circ\text{C}$ se aria $< -4^\circ\text{C}$ sospensione getti Climi caldi: Aria e cassaforme $\leq 33^\circ\text{C}$ Se aria $> 33^\circ\text{C}$ ° raffreddamento cls $\leq 25^\circ\text{C}$	X	X	
A.9.3.3	Classe di consistenza per cls da asciutti a superfluidi (UNI EN 12350 /2 slump /3 tempo Vebè /5 spandimento)	§ 4.2.1 UNI EN 206-1 (§ Tab 6-9 Fpr EN 206 lug 2013) § 3.3 e Tab II NTC sez. 2 -CSA; (salvo specifiche indicazioni di progetto, previste classi consistenza $\geq S4$ con mantenimento per 60')	Prosp. 3 UNI EN 206-1: S1: 1-4 cm S2: 5-9 cm S3: 10-15 cm S4: 16-20 cm S5: 21-25 cm (oltre i 25cm passare a misura spandimento)	Prosp. 6 UNI EN 206-1: FB1: ≤ 34 cm FB2: 35-41 cm FB3: 42-48 cm FB4: 49-55 cm FB5: 56-62 cm FB6: ≥ 63 cm	X (verifiche a fine miscelazione a 0'-30'-60', se previsto 90' e 120')	alla prima betoniera e poi alla stessa frequenza dei controlli di accettazione della R _c : ogni 100 mc/ogni giorno (prelievo del campione a 1/5 e 4/5 dello scarico)
A.9.3.4	Classe di consistenza e reologia SCC (EN 12350/8 Prova di spandimento e del tempo di spandimento)	UNI EN 206-9 (§ 4.2.1 e Tab 6-9 Fpr EN 206 lug 2013)	Slump-flow ($D_{\max} \leq 40\text{mm}$): SF1: 550-650mm ($\pm 50\text{mm}$) SF2: 660-750mm ($\pm 50\text{mm}$) SF3: 750-850mm ($\pm 50\text{mm}$) Tempo spandimento 500mm VS1: < 2 sec; VS2: ≥ 2 sec ($\pm 1\text{sec}$)			
	(EN 12350/9 Prova del tempo di efflusso-V Funnel)	§ 3.3 e Tab II NTC sez. 2 -CSA	Tempo svuotamento ($D_{\max} \leq 22,4\text{mm}$): VF1: $< 9(\pm 3)$ sec; VF2: 9-25 (± 5)sec	se previsto in specifico progetto	se previsto in specifico progetto	Se previsto, alla prima betoniera quindi con frequenze definite in specifico progetto
	(EN 12350/10 Prova di scorrimento confinato mediante scatola ad L)		H _{finale} /H _{iniziale} : PL1 $\geq 0,80$ con 2 barre; PL2 $\geq 0,80$ con 3 barre			



Coordinamento Territoriale/Direzione
 CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
 Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
 IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
 Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

	(EN 12350/12 Prova di scorrimento confinato mediante anello a J)		Diff. abbassamento cls dentro e fuori J ring: ($D_{max} \leq 40mm$): $PJ1 \leq 10mm$ con 12 barre $PJ2 \leq 10mm$ con 16 barre			
--	--	--	---	--	--	--

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
A.9.3.5	Omogeneità e segregabilità, (S5: UNI EN 12350/5) (SCC:UNI EN 12350/8)	§ 3.3 NTC sez. 2 -CSA	confronto spandimento 0' e 60' (oltre se richiesto); valutazione visiva assenza segregazione (frazione grossa al centro e boiacca lungo perimetro)	X	X (solo su una miscela delle tre)	Alla prima e ogni 1500mc di cls fornito
	(UNI EN 12350/11) Non applicabile in presenza di fibre o aggregati leggeri		Per cls S5, differenza trattenuti a setaccio 4 o 5mm a 0' (P ₁) e 60' (P ₂): (P ₁ -P ₂) ≤ 0,15 (P ₁ +P ₂)/2 Per SCC passante a 5mm: SR1 ≤ 20%; SR2 ≤ 15%;		X (solo su una miscela delle tre)	Alla prima fornitura e ogni 1500mc di cls fornito
A.9.3.6	Acqua essudata (UNI EN 480/4)	§ 3.7 NTC sez. 2 -CSA	≤ 0,1% rispetto al volume iniziale della miscela	X	X (solo su una miscela delle tre)	Alla prima fornitura e ogni 1500mc di cls fornito
A.9.3.6	Tempi di presa (UNI 7123)	§ 3.11 NTC sez. 2 -CSA	Conformità a limiti di progetto funzione tempi di scassero e lavorazioni		Se richiesto (solo su una miscela delle tre)	Alla prima fornitura e ogni 1500mc di cls fornito
A.9.3.7	Massa volumica a fresco (UNI EN 12350/6)	§ 3.5 NTC sez. 2 -CSA	± 3% rispetto a valore nominale definito nel dossier di prequalifica	X	X	Alla prima fornitura e ogni 1500mc di cls prodotto; per cls aerati, stessa frequenza misura aria
A.9.3.8	Aria inglobata (UNI EN 12350-7)	§ 3.6 NTC sez. 2 -CSA	≤ 2,5% per cls ordinari Per cls resistenti ai cicli di gelo-disgelo: 8% ± 1% per D _{max} fino a 10 mm 6% ± 1% per D _{max} tra 10 e 20 mm 5% ± 1% per D _{max} oltre 20 mm	X	X (solo su una miscela delle tre)	per cls aerati: al primo impasto o carico di ogni giorno di produzione
A.9.3.9	Massa volumica su cls indurito (UNI EN 12390/6)	§ 5.5.2 UNI EN 206-1 § 3.5 NTC sez. 2 -CSA	2000 kg/mc ≤ Mv secco ≤ 2600 kg/mc Mv provini stagionati UR>95% o in acqua: ±50kg/mc rispetto a valore a fresco	X	X	su tutti i provini delle prove meccaniche previste
A.9.3.10	Resistenza a compressione (UNI EN 12390/3) su cubi lato 15cm (20cm per D _{max} > 40mm)	§ 4.3.1, § 8.2.1, App. A UNI EN 206-1 § da 11.2.1 a 11.2.6 DM 14-01-2008 § 3.2, §5, §6 NTC sez. 2 -CSA	Variabile con la fase di controllo			
	R _{cm} 2-7-14gg o altre su specifica richiesta per curva resistenza nel tempo			X	R _{cm} = R _{cm} preq. ±10% (solo su una miscela delle tre)	Se previste, secondo frequenze specifico progetto



	R_{ck} a 28gg			$R_{min} \geq R_{ck}$ $R_{cm} \geq R_{ck} + k$ ($k = 2 \cdot s_{qm} = 6-12, 12$ se n.d.)	$R_{cm} = R_{cm\text{req}} \pm 10\%$	Prove e frequenze secondo DM 14/01/01 (vedi nota ***) Per cls non strutturale 1 prelievo (2 cubetti)/500 mc di getto
--	-----------------	--	--	--	--------------------------------------	---

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
A 9.4	Verifiche prestazioni aggiuntive § 3.12 NTC sez. 2 –CSA	Tab. III e cap. 7 NTC sez. 2 –CSA	Prove raccomandabili a seconda delle varie tipologie di cls indicate in Tab. III o al cap. 7 cls speciali delle NTC sez. 2 –CSA o per specifiche prescrizioni di progetto			
A 9.4.1	Resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12390/6)	§ 3.12.1 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista			Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.2	Resistenza a flessione (UNI EN 12390/7)	§ 3.12.2 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista			Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.3	Resistenza a flessione e duttilità clsfibrorinforzati (UNI EN 12390/7, UNI 111039, UNI EN 14641)	§ 3.12.2 e §7.3 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista		(sempre per clsfibrorinforzati §7.3)	Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.4	Modulo elastico dinamico e statico (UNI EN 12504/4, UNI 6556)	§ 3.12.3 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista			Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.5	Deformazione viscosa (UNI EN 12390/6)	§ 3.12.4 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista			Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.6	Ritiro idraulico libero (UNI 11307)	§ 3.12.5 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista		(sempre per cls a ritiro ridotto con SRA)	Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.7	Ritiro idraulico/espansione contrastata (UNI 8148 met. B)	§ 3.12.6 NTC sez. 2 –CSA	A seconda del sistema espansivo utilizzato, dosaggi e valori a breve termine da verificare in modo da ottenere un'espansione residua a $90\text{gg} \geq 0 \mu\text{m/m}$		(sempre per cls a ritiro compens. §7.2)	Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.8	Permeabilità all'acqua: (UNI EN 12390/8)	§ 3.12.7 NTC sez. 2 –CSA §7.1 LL.GG. cls strutturale	Per le varie classi esp.: valore max $\leq 50 \text{ mm}$ valore medio $\leq 20 \text{ mm}$			Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.9	Gradiente termico (§ 3.12.8 NTC sez. 2 –CSA)	§ 3.12.8 e § 7.1 NTC sez. 2 –CSA	Per calcestruzzi destinati a getti massivi § 7.1 NTC sez. 2 CSA o in condizioni ambientali con elevato gradiente termico			Secondo prescrizioni specifico progetto con termocoppie posizionate su elementi strutturali critici
A 9.4.10	Resistenza ai cicli di gelo disgelo (UNI CEN/TS 12390-9)	Nota a) prosp. F1 UNI EN 206-e prosp. 4 UNI 11104	Per calcestruzzi in classi XF: prova non necessaria qualora vengano soddisfatti i requisiti di aria inglobata di cui al			



			p.to A.9.3.8.			
--	--	--	---------------	--	--	--

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
A.9.5	Verifiche calcestruzzo in opera	§ 6.3 NTC sez. 2 -CSA § 11.2.6 NTC DM 14-1-'08 e § C.11.2.6 Circ. esplic. n° 617 del 2/2/09			In casi specifici possono essere prescritte delle verifiche su getti di prova che simulino le reali condizioni di getto	Nel caso in cui uno o più controlli di accettazione non dovessero risultare soddisfatti, in caso di dubbio sulla efficacia della compattazione e stagionatura adottata o in generale in caso di dubbi sulla qualità e rispondenza del calcestruzzo messo in opera ai valori di resistenza prescritti
A.9.4.1	Grado di compattazione cls in opera (UNI EN 12390/6)	§ 3.10 NTC sez. 2 -CSA	valutato su media 2 di carote s.s.a. rispetto a media provini stagionati UR>95% o in acqua del corrispondente getto. Mv cls in opera/ Mv provini $\geq 0,97$			Con frequenza previste da progetto o in caso di dubbio
A.9.4.2	Misura Rc su carote (UNI EN 12504/1 UNI EN 12390/3)	§ 11.2.6 NTC DM 14-1-'08 e § C.11.2.6 Circ. esplic. n° 617 del 2/2/09 LL. GG.STC per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive UNI EN 13791	Valutazione $R_{ckstrutt.} \geq 0,85 R_{ckprog.}$			Almeno 3 carote ogni 300mq per piano e per tipo di calcestruzzo Con N° carote ≥ 15 , $f_{ckstrutt} = \min$ tra $f_{cmstrutt-4}$ e $f_{cmstrutt+1,48}$ s.q.m. Per N° carote < 15 , $f_{ckstrutt} = \min$ tra $f_{cmstrutt-4}$ e $f_{cmstrutt+K}$ con K=5 per 10-14 carote K=6 per 7-9 carote K=7 per 3-6 carote Per passare dai valori cilindrici di f_{ck} (h/2=2) a quelli cubici di R_{ck} (h/d=1), i valori delle formule sopra riportati vanno divisi per 0,83. Per raggiungere il numero di minimo di risultati necessari per l'applicazione delle varie formule, possono essere sostituite al massimo la metà dei carotaggi con almeno
A.9.4.3	Indagini ultrasoniche (UNI EN 12504/4)		Valutazione comparativa disomogeneità calcestruzzo; Valutazione $R_{ckstrutt.} \geq 0,85 R_{ckprog.}$ (solo previa taratura della prova su almeno 3 punti di carotaggio e preferibilmente in combinazione con misura ultrasoniche secondo metodo SON-REB)			
A.9.4.4	Indagini sclerometriche (UNI EN 12504/4)					
A.9.4.4	Estrazione tasselli post-inseriti, Pull-out (UNI EN 12504/3)			Valutazione comparativa disomogeneità calcestruzzo; Valutazione $R_{ckstrutt.} \geq 0,85 R_{ckprog.}$ (solo previa taratura della prova su almeno 3 punti di carotaggio)		



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

						il triplo delle misure non distruttive tarate sulle rimanenti misure dirette (non meno di 3 in ogni caso)
--	--	--	--	--	--	---

*Prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001. Seguendo le indicazioni previste nell'appendice A dalla UNI EN 206/1 relativamente alle prove iniziali, la valutazione della classe di consistenza e della resistenza media a compressione alle varie stagionature previste (media di 3 provini su ogni stagionatura) dovrà essere ripetuta su tre diversi impasti.

Nel caso di impianti di calcestruzzo in possesso di certificazione FPC , le prove di autocontrollo della produzione sono sostitutive di quelle di prequalifica effettuate presso i laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. La certificazione da parte di questi ultimi laboratori rimane comunque obbligatoria nel caso di utilizzo di aggregati riciclati o di produzione di calcestruzzi speciali di cui al §7 se non rientranti nell'ordinaria produzione dell'impianto. In ogni caso dovrà essere fornito un Dossier di prequalifica contenete le informazioni di cui al § 5.1.1 del CSA..

**Prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001 sulla ripetizione di tre miscele consecutive. La verifica sarà completa su una miscela mentre sulle altre due ripetizioni sarà limitata solo alla verifica delle proprietà principali segnalate in tabella.

*** Prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001. La verifica della classe di resistenza a compressione a 28gg sarà eseguita secondo il numero e la tipologia dei controlli conforme alle due tipologie previste al § 11.2.5 del DM 14-01-2008:

- **tipo A** (solo per getti di miscela omogenea inferiori ai 1500 m³) su serie di 3 prelievi di coppie di provini (6 provini): $R_{cm} \geq R_{ckprog} + 3.5 (N/mm^2)$; $R_{cmin} \geq R_{ckprog} - 3.5 (N/mm^2)$
- **tipo B** su serie di 15 prelievi di coppie di provini (30 provini): $R_{cm} \geq R_{ckprog} + 1,48 * s.q.m.$; $R_{cmin} \geq R_{ckprog} - 3.5 (N/mm^2)$.

Per entrambi i tipi di controlli, oltre al numero minimo di prelievi, comunque un prelievo ogni 100mc e ogni giorno di getto della stessa ricetta di cls.

Nel caso di numero di prelievi superiori a 3 o 15 rispettivamente per il controllo di tipo A e di tipo B, il controllo di accettazione si intende eseguito sull'ultima serie consecutiva di 3 o 15 prelievi.



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

14.10 ALLEGATO 10

TABELLA A10.1: Sintesi requisiti prestazionali per prodotti di riparazione strutturali (Classi R3 ed R4 UNI EN 1504/3)

VEDI:

Capitolato Speciale d'Appalto

Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

Ripristino Ponti e Viadotti

i



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

Tabella A10.2: Sintesi requisiti prestazionali per prodotti rivestimento superficiale (UNI EN 1504-2, tipo rivestimento con requisiti di protezione contro i rischi di penetrazione prosp. ZA.1d) (1/2)

VEDI:

Capitolato Speciale d'Appalto

Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

Ripristino Ponti e Viadotti

Tabella A10.3: Sintesi requisiti prestazionali aggiuntivi rispetto a prospetto A9 per calcestruzzi da ripristino strutturale con prove qualifica certificate

(1/2)



	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
A10.3	Calcestruzzo per ripristini strutturali					
A 10.3.1	Verifica documenti					
.1	Certificazione impianto			X	X	Prima fornitura
.2	Disponibilità dossier prequalifica e/o qualifica			X	X	Prima fornitura
A 10.3.2	Verifiche composizionali	Uguale a serie A.9. 2 in Allegato 9 per cls ordinari				
A 10.3.3	Verifiche prestazioni principali	Uguale a serie A.9.3 in Allegato 9 per cls ordinari				
A 10.3.4	Verifiche prestazioni aggiuntive	cap. 8.2 NTC sez. 2 –CSA				
.1	Resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12390/6)	§ 3.12.1 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista	X	X	Secondo prescrizioni specifico progetto
.2	Resistenza a flessione (UNI EN 12390/7)	§ 3.12.2 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista		X	Secondo prescrizioni specifico progetto
.3	Resistenza a flessione e duttilità cls fibrorinforzati (UNI EN 12390/7, UNI 111039, UNI EN 14641)	§ 3.12.2 e §7.3 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista		X (per cls fibrorinforzati §7.3)	Secondo prescrizioni specifico progetto
.4	Modulo elastico dinamico e statico (UNI EN 12504/4,UNI 6556)	§ 3.12.3 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista		X	Secondo prescrizioni specifico progetto
.5	Ritiro idraulico libero (UNI 11307)	§ 3.12.5 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista	X	X	Secondo prescrizioni specifico progetto
.6	Ritiro idraulico/espansione contrastata (UNI 8148 met. B)	§ 3.12.6 NTC sez. 2 –CSA	A seconda del sistema espansivo utilizzato, dosaggi e valori a breve termine da verificare in modo da ottenere un'espansione residua a 90gg $\geq 0 \mu\text{m/m}$	X	X	Secondo prescrizioni specifico progetto

Tabella A10.3: Sintesi requisiti prestazionali aggiuntivi rispetto a prospetto A9 per calcestruzzi da ripristino strutturale con prove qualifica certificate



	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
A 10.3.4	Verifiche prestazioni aggiuntive	cap. 8.2 NTC sez. 2 –CSA				
.7	Permeabilità all'acqua: (UNI EN 12390/8)	§ 3.12.7 NTC sez. 2 –CSA §7.1 LL.GG. cls strutturale	Per classi esp. con $\alpha/c \leq 0,55$: valore max ≤ 50 mm valore medio ≤ 20 mm	X	X	Secondo prescrizioni specifico progetto
.8	Resistenza ai cicli di gelo disgelo (UNI CEN/TS 12390-9)	Nota a) prosp. F1 UNI EN 206-e prosp. 4 UNI 11104	Per calcestruzzi in classi XF: Rc dopo cicli Rc resistenza cicli Prova non necessaria qualora vengano soddisfatti i requisiti di aria inglobata. 8% \pm 1% per D_{max} fino a 10 mm 6% \pm 1% per D_{max} tra 10 e 20 mm 5% \pm 1% per D_{max} oltre 20 mm			
.9	Resistenza alla carbonatazione (UNI EN 13295) su provini 10x10x10cm di cls da certificare e di cls di riferimento tipo MC (0,45) EN 1766		$d_k \leq c_{ls}$ di controllo MC(0.45)			
.10	Permeabilità ai cloruri: Coefficiente diffusione in regime non stazionario (Dss) su provini esposti 90gg in soluzione NaCl (UNI CEN/TS 12390-11)		Solo per cls in classe esp XS o XD : Dss (m^2/s^{-1}): limite raccomandato da definire in base alla vita utile di progetto (t) e al copriferro (x) previsto secondo l'equazione $x = \sqrt{Dss t}$			

* Prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001. Seguendo le indicazioni previste nell'appendice A dalla UNI EN 206/1 relativamente alle prove iniziali, la valutazione della classe di consistenza e della resistenza media a compressione alle varie stagionature previste (media di 3 provini su ogni stagionatura) dovrà essere ripetuta su tre diversi impasti.

Nel caso di impianti di calcestruzzo in possesso di certificazione FPC , le prove di autocontrollo della produzione sono sostitutive di quelle di prequalifica effettuate presso i laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. La certificazione da parte di questi ultimi laboratori rimane comunque obbligatoria nel caso di utilizzo di aggregati riciclati o di



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

produzione di calcestruzzi speciali di cui al corrispondente non compresi nella produzione ordinaria dell'impianto. In ogni caso dovrà essere fornito un Dossier di prequalifica contenente le informazioni di cui al § 5.1.1 del CSA..

****** Prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001 sulla ripetizione di tre miscele consecutive. La verifica sarà completa su una miscela mentre sulle altre due ripetizioni sarà limitata solo alla verifica delle proprietà principali segnalate in tabella.



Tabella A10.4: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità secondo UNI EN 1504-10 di malte e calcestruzzi per rivestimento (UNI EN 1504-2) o ripristino strutturale e non (UNI EN 1504-3) (1/4)

Caratteristica	Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-3/A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti SA9 EN 1504-10
Verifica delle condizioni del supporto prima e /o dopo la preparazione					
Delaminazione superficie substrato	Sondaggio con martello		Una volta prima dell'applicazione	SI	
Resistenza a trazione superficiale del supporto	Prova di trazione diretta (Pull-off)	EN 1542	Prima dell'applicazione: esame dei risultati di precedenti indagini diagnostiche -conoscitive o definizione di un piano d'indagine da concordare con ANAS con localizzazione della posizione e del numero dei punti di verifica	SI	
Profondità carbonatazione	Prova alla fenoltaleina su carota o carbotest	EN 14630		SI	
Profondità penetrazione cloruri	Campionamento a varie profondità ed analisi in laboratorio	EN 14629		In caso di ambiente XS, XS, XF2/4, XA	
Penetrazione di altri contaminanti	Campionamento a varie profondità ed analisi in laboratorio	Da definire in base al tipo di contaminante		In caso di ambiente XA	
Pulizia substrato	Osservazione visiva di asciugamento		Dopo la preparazione e immediatamente prima dell'applicazione	SI	
Irregolarità superficie	Ispezione visiva e misure con squadra acciaio		Prima dell'applicazione	Solo per metodo rivestimento superf.	
Ruvidità	Ispezione visiva o metodo superf. Sabbia o profilometro	§ 7.2 EN 1766 EN ISO 3274 EN ISO 4288	Prima dell'applicazione	SI	
Tenore di umidità del supporto	Ispezione visiva		Prima e durante l'applicazione	SI	
	campionamento in opera ed essiccazione in laboratorio o prove resistività o sonde umidità o igrometro a carburo	UNI 10329 §6.2 UNI 10329 §6.1		Solo rivestimenti superficiali che richiedano umidità inferiori ad un certo limite	
Temperatura supporto	Misura con termometro da superf. accuratezza 1°C		Per tutta la durata dell'applicazione	SI	5°C-30°C
Vibrazioni	Misura con accelerometro		Prima e durante l'applicazione dell'applicazione	SI	Inferiori ai carichi dinamici accettati dai prodotti



Tabella A10.4: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità secondo UNI EN 1504-10 di malte e calcestruzzi per rivestimento (UNI EN 1504-2) o ripristino strutturale e non (UNI EN 1504-3) (2/4)

Caratteristica	Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-§A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti §A9 EN 1504-10
Accettazione dei prodotti e dei sistemi					
Identità dei prodotti applicati	Verifica certificazione di prodotto o di prove qualifica, schede tecniche e DDT	EN 1504/8 per malte prem. § 5.1.2 e Tab. A10.2 per cls (acqua EN 1008)	A ogni fornitura prima dell'utilizzo	SI	
Condizioni e requisiti prima e/o durante l'applicazione					
Temperatura ambiente	Termometro accuratezza 1°C		Per tutta la durata dell'applicazione	SI	
Umidità ambiente e punto di rugiada	Igrometro e termometro accuratezza 0,5°C (vedi tabella §A.92 EN 1504/10)	ISO 4677-1,2	Per tutta la durata dell'applicazione	Solo per metodo rivestimento superf. se il tipo di prodotto lo richiede	Dipende da materiale ma preferibile evitare applicazioni a temperature minore di 3°C sopra punto di rugiada
Precipitazioni	Ispezione visiva		Quotidiana	SI	Assenti
Resistenza al vento	Anemometro		Prima dell'utilizzo	Solo per metodo rivestimento superf.	Minore 8 m/s
Spessore del rivestimento umido	ispezione visiva Calibro a pettine o a ruota (solo per rivestimenti superficiali ancora umidi)	ISO 2808	Subito dopo l'applicazione	SI	
Contenuto d'aria nella miscela fresca	Metodo porosimetro a pressione	EN 1015-7 (malta) EN 12350/7 (cls)	Quotidiana o per ogni lotto	Solo per malte o cls in classe di esp. XF additivati con aeranti	



Tabella A10.4: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità second UNI EN 1504-10 di malte e calcestruzzi per rivestimento (UNI EN 1504-2) o ripristino strutturale e non (UNI EN 1504-3) (3/4)

Caratteristica	Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-3A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti SA9 EN 1504-10
Condizioni e requisiti prima e/o durante l'applicazione					
Consistenza della malta	Scorrimento (malte colabili) Spandimento tavola a scosse (malte tixotropiche)	EN 13395-3 EN 13395-2	Quotidiana o per ogni lotto	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malte	
Consistenza del calcestruzzo	Tempo Vebè Abbassamento cono Abrams Spandimento tavola a scosse Diametro e tempo Spandimento SCC Eventuali altre prove SCC definite in qualifica	EN 12350/3 EN 12350/2 EN 12350/5 EN 12350/8 EN 12350/9-12	Quotidiana o per ogni lotto	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con calcestruzzo	
Condizioni e requisiti dopo l'indurimento					
Copertura del rivestimento e spessore del rivestimento asciutto o indurito	Ispezione visiva Intaglio a cuneo e misura con calibro (malta) carotaggio(per cls)	ISO 2808 EN 12504/1	Una volta per tipo di elemento	SI	
Fessurazione da ritiro plastico ed igrometrico	Ispezione visiva con bagnatura superficie ed eventuale misura fessure con calibro		Quotidiana o per ogni lotto	SI	< 0,1mm
Colore e tessitura delle superfici finite	Esame visivo		Quotidiana o per ogni lotto	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo	



Tabella A10.4: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità secondo UNI EN 1504-10 di malte e calcestruzzi per rivestimento (UNI EN 1504-2) o ripristino strutturale e non (UNI EN 1504-3) (4/4)

Caratteristica	Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-5/A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti SA9 EN 1504-10
Condizioni e requisiti dopo l'indurimento					
Presenza vuoti dentro e dietro il materiale	Misura con ultrasuoni o eventuale esame visivo dopo carotaggio	EN 12504-4 EN 12504/1	Una volta per valutare l'efficienza e in caso di dubbio	SI	
Massa volumica s.s.a. conglomerato indurito	Misura su carote	EN 12504/1 EN 12390/7	Una volta per tipo di elemento	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo	$\geq 0,97$ massa volumica misurata su provini delle certificazioni in laboratorio dei corrispondenti getti
Resistenza a compressione a 28gg (altre stag. se da progetto)	Su prismi 4x4x16 per malte su cubi 15x15x15 per betoncini o cls	UNI EN 12190 EN 12390/3	<i>frequenze controllo tipo A o B § 11.2.3 DM 14-01-02</i>	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo	<i>Come da controllo tipo A o B § 11.2.3 DM 14-01-02</i>
Resistenza a compressione del materiale messo in opera	Prova di compressione su carote h/d=1	EN 12504/1 EN 12390/3	Una volta per tipo di elemento	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo	<i>Come da § 11.2.6 DM 14-01-02: R_{ck} in sito $\geq 0,85 R_{ck}$ progetto</i>
Resistenza a flessione a 28gg	Su terna prismi 4x4x16cm per malte su terna travi 15x15x60cm per betoncini o cls	EN 12390/7	Una volta per tipo di elemento	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo	\geq valore caratteristico dichiarato
Aderenza in sito	Trazione diretta	EN 1542	Una volta per tipo di superficie o di elemento	SI	\leq resist trazione supporto; per malte e cls ripristini strutturali: 1,2-1,5MPa; non strutturali: $\geq 0,7$ MPa
Permeabilità all'acqua	Prova in sito di Karsten carotaggio e prova di penetrazione dell'acqua	NF P84-402 o NF T 30-801 EN 12390-8	Una volta per valutare l'efficienza	SI	<i>Prova in sito da correlare con EN 12390/8 i cui limiti sono penetrazioni Max ≤ 50mm; Media ≤ 20mm</i>



Tabella A10.5: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità secondo UNI EN 1504-10 di prodotti per iniezioni dei calcestruzzi (UNI EN 1504-5) (1/2)

Caratteristica	Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-5 A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti SA9 EN 1504-10
Verifica delle condizioni del supporto prima e /o dopo la preparazione					
Pulizia substrato	Osservazione visiva di asciugamento		Dopo la preparazione e immediatamente prima dell'applicazione	SI	
Larghezza e profondità delle fessure	Misura con calibri o sonde ottiche da superficie, prova ultrasuoni o eventuale esame visivo dopo carotaggio	ISO 8047 EN 12504-4 EN 12504-1	Prima dell'applicazione	SI	Accuratezza > 0,10mm
Movimento delle fessure	Calibri meccanici o elettrici o sonde ottiche da superficie o estensimetri o vetrini		Prima dell'applicazione	SI.	Accuratezza > 0,10mm
Tenore di umidità del supporto	Ispezione visiva		Prima e durante l'applicazione	SI	
	campionamento in opera ed essiccazione in laboratorio o prove resistività o sonde umidità o igrometro a carburo	UNI 10329 §6.2 UNI 10329 §6.1		Solo rivestimenti superficiali che richiedano umidità inferiori ad un certo limite	
Temperatura supporto	Misura con termometro da superf. accuratezza 1°C		Per tutta la durata dell'applicazione	SI	5°C-30°C
Contaminazione delle fessure	Campionamento con carotaggio o perforazione a varie profondità ed analisi in laboratorio	EN 12504-1 EN 14629 altre da definire in base al tipo di contaminante	Prima dell'applicazione: esame dei risultati di precedenti indagini diagnostiche- conoscitive o definizione di un piano d'indagine da concordare con ANAS con localizzazione della posizione e del numero dei punti di verifica	SI	



Tabella A10.5: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità secondo UNI EN 1504-10 di prodotti per iniezioni dei calcestruzzi (UNI EN 1504-5) (2/2)

Caratteristica	Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-5A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti §A9 EN 1504-10
Accettazione dei prodotti e dei sistemi					
Identità dei prodotti applicati	Verifica certificazione di prodotto o di prove qualifica, schede tecniche e DDT	EN 1504/8 (acqua EN 1008)	A ogni fornitura prima dell'utilizzo	SI	
Condizioni e requisiti prima e/o durante l'applicazione					
Temperatura ambiente	Termometro accuratezza 1°C		Per tutta la durata dell'applicazione	SI	
Umidità ambiente e punto di rugiada	Igrometro e termometro accuratezza 0,5°C (vedi tabella §A.92EN 1504/10)	ISO 4677-1,2	Per tutta la durata dell'applicazione	Solo per metodo rivestimento superf. se il tipo di prodotto lo richiede	Dipende da materiale ma preferibile evitare applicazioni a temperature minore di 3°C sopra punto di rugiada
Precipitazioni	Ispezione visiva		Quotidiana	SI	Assenti
Condizioni e requisiti dopo l'indurimento					
Grado di riempimento delle fessure	sonde ottiche da superficie prova ultrasuoni o eventuale esame visivo dopo carotaggio	ISO 8047 EN 12504-4 EN 12504-1	Una volta per valutare l'efficienza	SI	≥80%
Permeabilità all'acqua	Prova in sito di Karsten carotaggio e prova di penetrazione dell'acqua	NF P84-402 o NFT 30-801 EN 12390-8	Una volta per valutare l'efficienza	SI	<i>Prova in sito da correlare con EN 12390/8 i cui limiti sono penetrazioni Max ≤ 50mm; Media ≤ 20mm</i>



Anas S.p.A.
Via Monzambano, 10 - 00185 Roma
www.stradeanas.it



Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto **Parte 2**

IT.PRL.05.17 - Rev. 1.0

Opere d'arte maggiori

Ponti e viadotti

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.17 - Rev.1.0
Opere d'arte maggiori Ponti e viadotti

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



Sommario

1	OPERE IN CARPENTERIA METALLICA	7
1.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
1.1.1	Resilienza dei componenti saldati	8
1.1.2	Protezioni superficiali	9
1.2	MODALITÀ DI ESECUZIONE	9
1.2.1	Progetto d'officina	9
1.2.2	Montaggio di prova	11
1.2.3	Identificazione e rintracciabilità dei materiali	11
1.2.4	Prescrizioni integrative per i collegamenti bullonati	12
1.3	PROVE E CONTROLLI	13
1.3.1	Controlli documentali	13
1.3.2	Controlli sui prodotti e sui materiali	13
1.3.3	Controlli sulla esecuzione	13
1.3.4	Controlli geometrici e dimensionali sui manufatti	13
1.3.5	Controlli sulle saldature	14
1.3.6	Controlli sulle unioni bullonate	15
1.4	PROVE DI CARICO E COLLAUDO	16
1.5	MANUTENZIONE	16
1.6	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	18
1.7	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	18
1.7.1	Norme generali	18
1.7.2	Criteri di misura	19
2	ELEMENTI PREFABBRICATI	20
2.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	20
2.1.1	Caratteristiche superficiali dei manufatti	20
2.2	MODALITÀ DI ESECUZIONE	21
2.2.1	Documenti di accompagnamento	21
2.3	PROVE E CONTROLLI	22
2.3.1	Controlli documentali	22
2.3.2	Controlli sui prodotti e sui materiali	22
2.3.3	Controlli sulla produzione e sul montaggio	22



2.3.4	Controlli geometrici e dimensionali sui manufatti	22
2.4	PROVE DI CARICO E COLLAUDO	23
2.5	MANUTENZIONE	23
2.6	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	24
2.7	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	24
3	OPERE IN C.A.P. A CAVI O BARRE POST TESI	25
3.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	25
3.2	MODALITÀ DI ESECUZIONE	26
3.2.1	Progetto costruttivo	26
3.2.2	Identificazione e rintracciabilità dei materiali	29
3.2.3	Prescrizioni particolari per l'esecuzione	29
3.3	PROVE E CONTROLLI	30
3.4	PROVE DI CARICO E COLLAUDO	31
3.5	MANUTENZIONE	31
3.6	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	32
3.7	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	32
4	APPOGGI E DISPOSITIVI ANTISISMICI	34
4.1	CARATTERISTICHE	34
4.1.1	Temperature di esercizio	34
4.1.2	Protezioni anti polvere e anti corrosiva	34
4.1.3	Preregolazione	35
4.1.4	Collegamento alle strutture	35
4.1.5	Sostituzione	36
4.2	MODALITÀ DI INSTALLAZIONE	36
4.2.1	Progetto costruttivo	37
4.3	PROVE E CONTROLLI	37
4.3.1	Controlli documentali	38
4.3.2	Prove di accettazione	38
4.3.3	Controlli sulla esecuzione	38
4.4	PROVE DI CARICO E COLLAUDO	38
4.5	MANUTENZIONE	39
4.6	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	39
4.7	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	39
5	GIUNTI DI ESPANSIONE	40



5.1	CARATTERISTICHE	40
5.1.1	Temperature di esercizio	40
5.1.2	Vita Utile	40
5.1.3	Prerogolazione	40
5.1.4	Sollevamento differenziale delle testate del varco	41
5.1.5	Aggressività ambientale	41
5.1.6	Dimensione dei varchi	41
5.1.7	Scossalina	42
5.1.8	Giunti sui cordoli e sui marciapiedi di servizio	42
5.2	MODALITÀ DI INSTALLAZIONE	42
5.2.1	Progetto costruttivo	42
5.3	PROVE E CONTROLLI	43
5.3.1	Controlli documentali	43
5.3.2	Prove dopo l'installazione	43
5.4	MANUTENZIONE	43
5.5	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	44
5.6	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	44
6	IMPERMEABILIZZAZIONI DELLA SOLETTA	45
6.1	CAPPA DI ASFALTO SINTETICO	45
6.1.1	Caratteristiche dei materiali	45
6.1.2	Modalità di applicazione	46
6.1.3	Prove e Controlli	47
6.2	MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE CONTINUO REALIZZATO IN OPERA CON BITUME MODIFICATO CON ELASTOMERI ED ARMATO CON TESSUTO NON TESSUTO	48
6.2.1	Caratteristiche dei materiali	48
6.2.2	Modalità di applicazione	49
6.2.3	Prove e Controlli	50
6.3	MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE REALIZZATO CON GUAINES BITUMINOSE PREFORMATE ED ARMATE	50
6.3.1	Caratteristiche dei materiali	51
6.3.2	Modalità di applicazione	52
6.3.3	Prove e Controlli	55
6.4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	56



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.17 - Rev.1.0
Opere d'arte maggiori Ponti e viadotti

6.5	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	56
7	SISTEMI DI RACCOLTA ACQUA DI PIATTAFORMA	57
7.1	CARATTERISTICHE	57
7.2	PROVE E CONTROLLI	59
7.3	MANUTENZIONE	59
7.4	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	60
8	APPENDICE A – TEMPERATURE MASSIME E MINIME PER LA PROGETTAZIONE DEI PONTI	61



1 OPERE IN CARPENTERIA METALLICA

Il presente capitolato si applica a tutte le strutture in acciaio, comprese le carpenterie metalliche delle sezioni miste acciaio-calcestruzzo- destinate alla realizzazione di ponti, viadotti, cavalcavia. Per l'acciaio impiegato in galleria si rimanda la capitolato specifico.

Il presente capitolato è di riferimento inoltre, alle opere minori realizzate in carpenteria metallica quali, ad esempio, passerelle, portali, coperture, ecc.. Diversamente, non si applica alle lamiere grecate e ai profilati a freddo.

L'Appaltatore dovrà fornire ad ANAS il nominativo del costruttore delle carpenterie metalliche, ovvero il nominativo del centro di trasformazione ed il nominativo dell'officina di produzione della carpenteria metallica, unitamente alla documentazione richiesta per essi dalle vigenti Norme Tecniche per le costruzioni (di seguito semplicemente chiamate NTC).

Il costruttore o l'officina di produzione della carpenteria metallica dovranno essere in possesso di tutti i requisiti richiesti dalle NTC per i centri di trasformazione delle carpenterie metalliche.

L'ANAS si riserva la facoltà di procedere alla verifica di quanto sopra riportato anche mediante ispezione di personale qualificato.

L'Appaltatore dovrà eseguire le opere nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nelle NTC, nel presente capitolato e nella norma UNI EN 1090-2 (laddove questa non sia in contrasto con le NTC o con le indicazioni riportate nel presente capitolato) e nelle norme da queste richiamate, tenendo conto delle seguenti indicazioni:

- Ai sensi del par. 11.3.4.5 e della tabella 11.3.XI delle NTC le opere in parola sono strutture soggette a fatica corrispondenti al livello D della citata tabella.
- Ai sensi del paragrafo 4 della UNI EN 1090-2 la classe di esecuzione sarà la EXC3.
- Ai sensi del paragrafo 4 della UNI EN 1090-2 il grado di preparazione delle superfici sarà, salvo diversa disposizione della Direzione Lavori, P2.
- Ai sensi del paragrafo 4 della UNI EN 1090-2 la classe delle tolleranze geometriche funzionali sarà la "classe 1".

1.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I materiali impiegati nella costruzione di strutture in acciaio dovranno essere conformi al par. 11.3.4.1 (marcatatura CE) delle NTC. Si potranno utilizzare anche materiali innovativi per i quali il produttore e/o il Centro di Trasformazione potrà pervenire alla Marcatura CE in conformità a Best Practice Europei (ETA), ovvero, in alternativa, dovrà essere in possesso di un Certificato di



Idoneità Tecnica all'Impiego rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale (rif. caso "C)" del par. 11.1 delle NTC).

I materiali impiegati saranno conformi alle vigenti NTC e a quanto indicato nel progetto esecutivo, integrato dalle prescrizioni del c.a.p. 5 della UNI EN 1090-2 e da quanto segue.

Per i piatti non sono richieste condizioni più rigorose di quanto indicato al primo capoverso del par. 5.3.3 della UNI EN 1090-2 e la tolleranza sullo spessore dovrà essere, con rif. al par. 5.3.3 della UNI EN 1090-2, di classe A.

Tutti i bulloni dovranno essere forniti da un unico produttore per l'intero appalto e avere coefficiente K-class pari a 2 (per bulloneria ad attrito).

I pioli tipo Nelson l'acciaio sarà di qualità S235J2G3 + C450 secondo EN 10025, norma di riferimento UNI-EN-ISO 13918 ed avrà le seguenti caratteristiche:

- $f_y \geq 350 \text{ N/mm}^2$;
- $f_u \geq 450 \text{ N/mm}^2$;
- Strizione 50%
- Altre caratteristiche secondo NTC.

1.1.1 RESILIENZA DEI COMPONENTI SALDATI

Le tipologie di acciaio da impiegare nelle strutture saldate dovrà corrispondere al seguente schema (rif. norma UNI-EN-10025) tipologico:

- S275 JO/J2G1;
- S355 JO/J2G1/K2G1/K2G1.

Dove i primi 4 codici alfanumerici indicano la destinazione d'uso dell'acciaio (S=strutturale) e la resistenza caratteristica allo snervamento ($275/355 \text{ N/mm}^2$), calcolata per spessori fino a 16mm), mentre i rimanenti codici rappresentano la qualità degli acciai in relazione alla saldabilità e ai valori di resilienza secondo quanto riportato nelle NTC e nella UNI EN 10025.

La scelta della qualità degli acciai in relazione alla saldabilità e ai valori di resilienza è indicata nel progetto esecutivo o, laddove mancante, verrà determinata sulla base della temperatura di minima impiego della opera $T_i = T_{min} - 5^\circ\text{C}$. La temperatura T_i andrà chiaramente indicata nelle relazioni del progetto d'officina.

La temperatura T_{min} è definita come temperatura minima invernale dell'aria nel sito della costruzione con riferimento ad un periodo di ritorno di 50 anni.

In mancanza di adeguate indagini statistiche basate su dati specifici relativi al sito in esame, T_{min} dovrà essere calcolata in base alle espressioni riportate nell'Appendice A del presente Capitolato.



Sulla base del valore T_i ottenuto, verrà determinata la resilienza secondo quanto riportato in UNI EN 10025.

In mancanza delle suddette valutazioni sul valore di T_i , le qualità degli acciai non dovranno essere inferiori alla seguente tabella, valida per profili composti saldati:

	$sp \leq 20$ [mm]	20 [mm] $< sp \leq 40$ [mm]	$sp > 40$ [mm]
S275	JO	J2	K2
S355	JO	J2	K2

Per profili laminati e per piastrame non saldato, si potranno utilizzare materiali di grado JO.

In alternativa agli acciai sopra citati, è ammesso l'impiego di materiale autoprotetto, in funzione dello spessore, del tipo S355JOW, S355J2G1W, S355K2G1W, aventi caratteristiche meccaniche equivalenti a quelle dell'acciaio S355JO, S355J2G1 e S355K2G1 UNI-EN 10025.

1.1.2 PROTEZIONI SUPERFICIALI

Tutte le strutture in acciaio non autopatinabile dovranno essere protette contro la corrosione in accordo alle prescrizioni del progetto esecutivo e alle specifiche di cui alla sezione "Verniciature" delle presenti Norme Tecniche e, laddove non in contrasto con i precedenti documenti, al c.a.p. 10 e all'appendice F della UNI EN 1090-2.

Il colore di finitura sarà definito dai documenti di progetto esecutivo o, in mancanza di indicazioni specifiche, l'Appaltatore dovrà chiedere istruzioni alla Direzione Lavori.

1.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE

Per l'esecuzione dell'opera l'Appaltatore si atterrà ai capitoli da 6 a 9 della norma UNI EN 1090-2.

1.2.1 PROGETTO D'OFFICINA

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali e degli appoggi, all'esame ed all'approvazione della D.L. il progetto d'officina delle opere, ovvero:

- elaborati costruttivi;
- una relazione recante evidenza delle modifiche tecniche eventualmente apportate rispetto al progetto esecutivo.



In particolare gli elaborati costruttivi saranno composti da:

- specifiche di esecuzione, che saranno redatte sensi del paragrafo 4 della UNI EN 1090-2 e conterranno solo le informazioni di cui ai punti da “a)” ad “e)” del par. 4.1.1.
- specifiche di saldatura basate su qualifiche di procedimento in conformità alle UNI-EN ISO 15614, UNI-EN ISO 15614, UNI-EN ISO 15609 e UNI-EN ISO 17635;
- i disegni di officina con evidenza di tipi e qualità degli acciai impiegati; tipi e qualità dei bulloni impiegati; i diametri e la disposizione dei bulloni, nonché dei fori relativi; pre-carico dei bulloni ad alta resistenza e relative coppie di serraggio; tolleranze; le modalità di trattamento protettivo (laddove previsto) e le finiture superficiali degli elementi metallici nel sito di montaggio; gli schemi di montaggio; le controfrecce di officina;
- la relazione tecnica e di calcolo della struttura durante il montaggio;
- relazioni di calcolo dei manufatti provvisori necessari alla movimentazione e al sostegno dei componenti costruttivi;
- relazione di calcolo delle opere, qualora modificate rispetto al progetto esecutivo;
- quanto richiesto nei par. 9.3.1, 9.3.2 e 9.6.1 della UNI EN 1090-2.

La relazione tecnica e di calcolo della struttura durante il montaggio conterrà la descrizione del funzionamento statico della struttura nelle diverse fasi, riportando, per ogni fase quanto segue: calcoli statici; i parametri geometrici da controllare, riportando, per ognuno di essi, un range di valori entro il quale i dati rilevati siano da ritenersi coerenti con le previsioni progettuali. La suddetta relazione, dovrà inoltre contenere le procedure correttive da adottare qualora i risultati ottenuti non fossero coerenti con le previsioni progettuali. La suddetta relazione, dovrà infine contenere una procedura di posa in opera e controllo del sistema apparecchi di appoggio, cunei di compenso e strutture metalliche, da condividere con il fornitore degli apparecchi di appoggio.

Per quanto concerne le specifiche di saldatura, è fatto obbligo all'Appaltatore di avvalersi, a sua cura e spese, della consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura o altro Ente terzo equivalente, il quale dovrà tenere in conto anche delle indicazioni contenute nel presente capitolato. Le specifiche di saldatura dovranno contenere almeno indicazioni e prescrizioni su:

- materiali.
- caratteristiche e dimensioni del materiale d'apporto.
- geometrie e le tolleranze ammesse.
- finiture e preparazioni superficiali.
- sostegni temporanei.
- assemblaggi temporanei



- protezione dalle intemperie.
- procedimento e sequenza di saldatura.
- posizione della saldatura.
- tecnica della saldatura.
- parametri elettrici.
- parametri termici e caratteristiche e modalità di esecuzione dell'eventuale trattamento termico.
- specifiche delle prove e dei controlli (estensione, quantità, tipologia, normativa di riferimento, criteri di ammissibilità dei difetti) da effettuare prima, durante e dopo la saldatura.
- modalità di riparazione delle saldature non ammissibili.
- specifiche delle prove e dei controlli delle saldature riparate.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo la zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti e dei certificati ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Le operazioni di montaggio potranno iniziare soltanto dopo il benestare della D.L.

1.2.2 MONTAGGIO DI PROVA

È facoltà della Direzione Lavori disporre montaggi di prova di parti della struttura o dell'intera costruzione senza che l'Appaltatore possa opporsi o chiedere compensi di sorta.

1.2.3 IDENTIFICAZIONE E RINTRACCIABILITÀ DEI MATERIALI

L'Appaltatore sarà tenuto a garantire l'identificazione e rintracciabilità dei materiali ai sensi dei par. 11.3.1.4, 11.3.1.5, 11.3.1.7, 11.3.4.11.2 delle NTC.

All'atto della ricezione delle lamiera presso lo stabilimento e comunque prima dell'inizio della fabbricazione delle strutture metalliche, le stesse verranno marchiate mediante punzonatura o vernici indelebili che associano la lamiera ad un codice alfanumerico identificante univocamente la placca e la colata madre dalle quali è stata ricavata.



A corredo dei disegni d'officina, dopo l'approvvigionamento dei materiali, saranno quindi fornite alla Direzione Lavori le distinte dei materiali, contenenti almeno i seguenti dati:

- posizioni e marche d'officina;
- Numero della commessa
- Dimensioni dei pezzi da ricavare
- Quantità
- Tolleranze di lavorazione
- Qualità del materiale richiesto
- Dimensione del materiale da lavorare
- Estremi di identificazione dei relativi documenti di collaudo.
- Note

L'Appaltatore dovrà, inoltre, far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare, la loro provenienza con riferimento alle distinte di cui sopra.

1.2.4 PRESCRIZIONI INTEGRATIVE PER I COLLEGAMENTI BULLONATI

Vengono di seguito riportate le prescrizioni integrative alla norma UNI EN 1090-2.

1.2.4.1 Criteri generali

Per i giunti ad attrito saranno impiegati bulloni precaricati a serraggio controllato.

Nelle unioni non ad attrito che potranno essere soggette a vibrazioni o ad inversioni di sforzo, dovranno essere sempre impiegati controdadi.

1.2.4.2 Forature

I fori per i bulloni devono essere eseguiti col trapano con assoluto divieto dell'uso della fiamma.

Nei collegamenti bullonati si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino entro i limiti di tolleranza foro-bullone.

Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone oltre la tolleranza prevista, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore o, in alternativa, l'Appaltatore dell'opera dovrà presentare una propria proposta di modifica del giunto da sottoporre alla verifica ed alla successiva approvazione della Direzione Lavori.

1.2.4.3 Montaggio

Per il serraggio dei bulloni, si dovranno usare chiavi equipaggiate con un meccanismo limitatore della coppia applicata.



È ammesso il serraggio dei bulloni anche con chiave pneumatica purché questa venga controllata con chiave dinamometrica, la cui taratura eseguita con l'eventuale moltiplicatore dovrà risultare da certificato rilasciato da Laboratorio ufficiale.

L'utilizzo effettivo della chiave dinamometrica dovrà essere registrato in un apposito libretto; ne sarà consentito un uso massimo di 180 giorni dalla data di taratura.

Tutti i meccanismi di serraggio dovranno garantire una precisione non minore del $\pm 4\%$.

I bulloni di classe 10.9 dovranno essere montati in opera almeno con una rosetta posta sotto la testa della vite (smusso verso testa) e una rosetta posta sotto il dado (smusso verso il dado). I bulloni di classe 8.8 dovranno essere montati in opera almeno con una rosetta sotto il dado.

I giunti da serrare dovranno essere montati nella posizione definitiva mediante un numero opportuno di "spine" in grado di irrigidire convenientemente il giunto e consentire la perfetta corrispondenza dei fori. L'uso delle spine d'acciaio è ammesso, in corso di montaggio, esclusivamente per richiamare i pezzi nella giusta posizione.

Si procederà quindi a serrare i bulloni di un estremo dell'elemento da collegare, con una coppia pari a circa il 60% di quella prescritta, il serraggio dovrà iniziare dal centro del giunto procedendo gradualmente verso l'esterno.

1.3 PROVE E CONTROLLI

Laddove possibile le prove ed i controlli saranno effettuati prima del montaggio finale dell'opera.

Tutte le prove ed i controlli saranno eseguiti a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

1.3.1 CONTROLLI DOCUMENTALI

Controlli previsti nei par. 11.3.1.4, 11.3.1.5, 11.3.1.7, 11.3.4.11.2 delle NTC e a quanto indicato nel presente capitolato.

1.3.2 CONTROLLI SUI PRODOTTI E SUI MATERIALI

Controlli previsti nei par. 11.3.1.4, 11.3.1.5, 11.3.1.7, 11.3.4.11.2 e 11.3.4.11.3 delle NTC e a quanto indicato nel presente capitolato.

1.3.3 CONTROLLI SULLA ESECUZIONE

La Direzione Lavori verificherà che l'esecuzione dell'opera avvenga secondo le indicazioni e le previsioni del progetto d'officina, integrato dalle prescrizioni contenute nel presente capitolato e dai capitoli da 6 a 10 della norma UNI EN 1090-2.

1.3.4 CONTROLLI GEOMETRICI E DIMENSIONALI SUI MANUFATTI



La Direzione Lavori potrà effettuare controlli geometrici e dimensionali ai sensi del capitolo 11 e del par. 12.3 della norma UNI EN 1090-2. A tal riguardo si specifica che la classe di tolleranza ammessa è pari alla classe 1.

1.3.5 CONTROLLI SULLE SALDATURE

La Direzione Lavori stabilirà il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire sulle saldature, sia in corso d'opera che ad opera finita, in conformità a quanto stabilito dalle NTC e tenendo conto delle specifiche di saldatura. Consulenza e controlli saranno eseguiti dagli Istituti indicati dalla Direzione Lavori.

Per i controlli e le ispezioni delle saldature l'Appaltatore metterà a disposizione personale in possesso di idoneo certificato rilasciato dall'I.I.S. o da altro Ente terzo equivalente. Il personale dovrà avere esperienza documentata nello specifico campo della realizzazione di strutture metalliche per ponti e viadotti. Detto personale dovrà inoltre essere in possesso di certificato di livello 2 secondo UNI EN 473 ed opererà in accordo alle specifiche tecniche del progetto specifico.

I controlli radiografici, laddove previsti, devono essere contromarcati con punzonature sui pezzi, in modo da consentire la loro successiva identificazione.

La distribuzione dei controlli non distruttivi da effettuare su ogni tipologia di saldatura sarà non meno di quanto di seguito indicato.

1.3.5.1 Giunti a T con cordoni d'angolo e giunti a parziale penetrazione

Esame visivo: 100% delle saldature;

Esame magnetoscopico: 20% delle saldature anima-piattabanda delle travi;

Esame ultrasonoro: 10% delle saldature rimanenti.

1.3.5.2 Giunti testa a testa a piena penetrazione

Esame visivo: 100% delle saldature;

Esame magnetoscopico :20% delle saldature;

Esame ultrasonoro: 100% dei giunti tesi;

50% dei giunti compressi;

25% dei giunti longitudinali di anima e fondo.

1.3.5.3 Giunti testa a testa di lamiera non previsti a disegno

I giunti testa a testa di lamiera non previsti a disegno verranno controllati al 100% con esame visivo, magnetoscopico e ultrasonoro e verranno riportati sui disegni "as built". Come criterio di accettabilità, tali giunti dovranno soddisfare i requisiti della norma UNI EN 25817 classe di qualità B.

1.3.5.4 Pioli connettori



Esame visivo:100% delle saldature;

Prova di piegamento a 30°:5% dei pioli (a colpi di mazza)

Eventuali discontinuità risultanti dall'esame visivo saranno ripristinate con elettrodi rivestiti. Non è ammessa la presenza di cricche nelle saldature dei pioli.

In caso di rottura di almeno il 5% dei pioli testati tutti i pioli della stessa membratura saranno sottoposti alla medesima prova.

1.3.5.5 Criteri di ammissibilità dei difetti

I criteri di ammissibilità dei difetti sono indicati nel par. 7.6 della norma UNI EN 1090-2.

Nel caso di esito negativo, i controlli sulle saldature saranno estesi per 1 m da ogni lato del difetto o, nel caso di giunti corti (inferiori a 1 m) a due giunti adiacenti. Nel caso di ulteriori difetti i controlli saranno estesi al 100% del giunto difettoso. Il ritorno alle percentuali di controllo stabilite dalla specifica sarà deciso dalla Direzione Lavori in funzione dell'esito dei successivi controlli.

1.3.6 CONTROLLI SULLE UNIONI BULLONATE

La Direzione Lavori stabilirà il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

I controlli sulle unioni bullonate dovranno interessare sia le superfici (controllo del trattamento superficiale finalizzato all'attrito) e sia il serraggio dei bulloni.

Per tali controlli si farà riferimento ai par. 12.5 della norma UNI EN 1090-2 o, in alternativa, a quanto di seguito specificato (da attuare per ogni unione).

Per ogni unione sarà effettuato un controllo di serraggio su un numero di bulloni pari al 10% del totale ed in ogni caso non meno di quattro.

Il controllo avverrà con le seguenti modalità:

- si marcherà dado e vite del bullone serrato per identificare la loro posizione rispetto al coprigiunto;
- si allenterà il dado con una rotazione di almeno 60°;
- si rinserrerà il dado verificando che l'applicazione della coppia prescritta lo riporti nella posizione originaria;
- si verificherà con la procedura sopra descritta che la coppia di serraggio di almeno il 5% dei bulloni del giunto sia corretta (con un minimo di quattro bulloni per unione bullonata), scegliendo i bulloni da verificare in modo da interessare in maniera regolare tutta l'estensione del giunto stesso.

Nel caso in cui anche un solo bullone testato risulti mal serrato si dovrà procedere a ricontrollare tutti i bulloni del giunto interessato.



1.4 PROVE DI CARICO E COLLAUDO

Prima di sottoporre le strutture in acciaio alle prove di carico verrà eseguita da parte della Direzione Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

La Direzione Lavori dovrà redigere apposito verbale da consegnare all'Appaltatore ed al collaudatore che riporti l'esito dell'ispezione.

Prima delle prove di carico la Direzione Lavori potrà ordinare la ripresa delle coppie di serraggio per tutti i bulloni della struttura.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico, se previste, ed al collaudo statico delle strutture, operazioni che verranno condotte secondo le prescrizioni di legge.

1.5 MANUTENZIONE

Laddove non previsti in progetto, si dovranno eseguire dei fori per lo scarico delle acque di eventuale infiltrazione.

Nella redazione del "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" si dovrà dare particolare attenzione ai seguenti aspetti, considerati peculiari per le strutture in parola.

- I percorsi e le modalità di accesso alle parti oggetto di ispezione.
- Ispezione e pulizia delle cosiddette trappole di corrosione, ovvero zone dove si possono formare accumuli di acqua, di guano, di terriccio, ecc. In tali zone la velocità di corrosione delle strutture (sia quelle autoprotette e sia quelle protette da idonea vernice) aumenta sensibilmente.
- Ispezione delle asolature dotate di griglie o reti antipassero.
- Ispezione e controlli dei giunti bullonati.
- Ispezione e controlli delle saldature.
- Le modalità di sollevamento degli impalcati per la sostituzione degli appoggi. In tal senso si dovranno fornire le seguenti informazioni: ubicazione dei martinetti; portata dei martinetti; entità del sollevamento (attenzione si dovrà porre al valore massimo consentito nelle strutture iperstatiche senza superare gli Stati Limite di Esercizio previsti in progetto); eventuali limitazioni all'esercizio stradale; eventuali conseguenze sui giunti; azioni caratteristiche, sia orizzontali (vento, eventuale frenatura) e sia verticali, agenti sui vincoli provvisori o sui martinetti durante le operazioni in parola. Per travate continue andrà indicata la possibilità di effettuare il sollevamento su una o più pile contemporaneamente e fornita l'entità del sollevamento per ogni pila interessata.



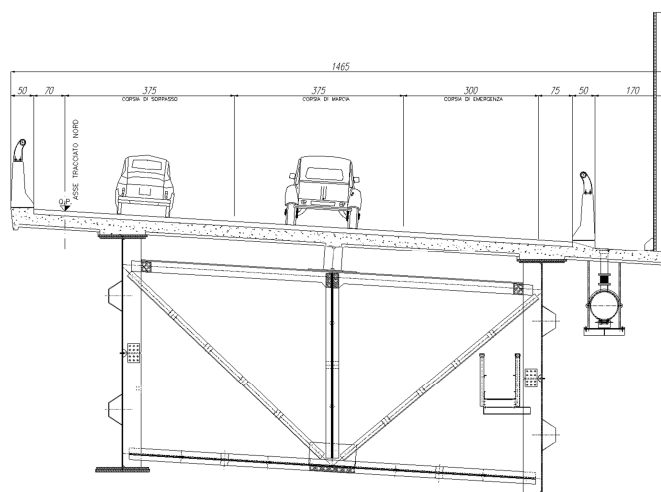
Come previsto dalla normativa vigente il Manuale di manutenzione deve prevedere anche la collocazione nell'intervento delle parti menzionate e la loro rappresentazione grafica.

Con particolare riferimento alle saldature non si dovranno indicare riferimenti generici, ma si dovranno individuare in maniera univoca sulla struttura, sulla base degli elaborati progettuali, le saldature maggiormente sollecitate sia a fatica e sia per carichi statici. In particolare si richiede che per le unioni saldate:

- le cui conseguenze della possibile crisi a fatica siano significative (ovvero travi principali, saldature trasversali delle piastre ortotrope) e per i quali si sia adottato un coefficiente di sicurezza compreso tra 1.35 e 1.15;
- le cui conseguenze della possibile crisi a fatica siano moderate (ovvero sistemi di controvento, sistemi di irrigidimento, trasversi, saldature degli irrigidimenti delle piastre ortotrope) e per i quali si sia adottato un coefficiente di sicurezza compreso tra 1.15 e 1.00;

sarà necessario indicare nel Piano di Manutenzione dell'Opera la circostanza di effettuare un controllo dopo un periodo di tempo dall'avvio dell'esercizio stradale pari a $0.5 \times V_n$ (V_n è la vita nominale). I controlli saranno descritti nel Piano di Manutenzione dell'Opera e dovranno essere uguali a quelli effettuati durante la costruzione per i dettagli in parola.

Laddove previsti i percorsi di ispezione, questi saranno preferibilmente collocati in prossimità della corsia lenta/emergenza e costituiti da idonee passerelle collegate alla struttura principale, come rappresentato nella immagine seguente.





Per le zone di saldatura considerate critiche è necessario che il dettaglio stesso sia studiato in maniera tale da poter essere ispezionato. In particolare si riporta, a titolo esemplificativo, il dettaglio relativo alla giunzione bullonata tra le travi principali: i coprigiunti devono avere una geometria tale da permettere la visibilità della saldatura di composizione anima/piattabanda e permettere il relativo eventuale intervento di riparazione.

***N.B.:** al fine di poter ispezionare il cordone di saldatura la distanza "d" dovrà comunque essere almeno di 20 mm.*

1.6 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Norme Tecniche per le costruzioni
- UNI EN 1090-2

1.7 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

1.7.1 NORME GENERALI

Resta stabilito che, sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i disegni contabili delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.

Detti disegni contabili, da predisporre su supporto informatico e da predisporre, in almeno duplice copia su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione Lavori per il necessario e preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, eseguite in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.

Tale documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

La suddetta documentazione contabile resterà di proprietà dell'Amministrazione committente.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

- I lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore durante l'esecuzione dei lavori



- I lavori da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore, e confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici

Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto il corrispettivo da accreditare nei S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera.

A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la Direzione dei Lavori provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.

Si precisa che il prezzo dedicato alla modalità di varo "di punta" deve essere applicato nel caso in cui il varo sia realizzato anche con l'ausilio di attrezzatura metallica costituita da derrik, ovvero avambecco e retrobecco, ovvero macchine per la spinta/trazione longitudinale dell'impalcato.

1.7.2 CRITERI DI MISURA

Per la misurazione di quanto realizzato, oltre a fare riferimento a quanto descritto nelle relative voci di Elenco Prezzi, si fa presente che i manufatti d'acciaio, di qualsiasi genere e per ogni utilizzo, composti da lamiera, lamiera ondulata, profilati, tubi, barre, getti di fusione, ecc., saranno contabilizzati a corpo secondo i relativi articoli d'Elenco Prezzi e misurati in base al loro peso. Potranno essere effettuate delle verifiche a campione, mediante pesature in contraddittorio tra Direzione Lavori ed Impresa, con stesura d'apposito verbale controfirmato dalle parti.

Ogni operazione di pesatura dovrà riferirsi a parti di uno stesso manufatto. E' pertanto esclusa la pesatura cumulativa d'elementi appartenenti a manufatti diversi, anche quando si tratta di controventi, piastre, bullonerie, rosette, ecc..

I relativi articoli d'Elenco Prezzi comprendono: la fornitura di tutti i materiali; la lavorazione secondo i disegni costruttivi; la posa ed il fissaggio in opera.

Si intendono comunque compresi nei relativi articoli di Elenco Prezzi gli oneri per le lavorazioni quali, le forature, le saldature, le bullonerie, le piastre, i relativi sfridi.

Infine potrà essere valutata la quantità attraverso lo sviluppo geometrico dei vari elementi che compongono la struttura, suddivisi per tipologia di profilato, dimensione, spessore nel caso di lamiera, moltiplicati per il peso unitario determinato in base alle dimensioni ed al peso specifico di 7,85 Kg/dmc indicato nel D.M. 14 gennaio 2008.



2 ELEMENTI PREFABBRICATI

Il presente Capitolato si applica a tutte le strutture in c.a. e c.a.p. prefabbricate destinate alla realizzazione di ponti, viadotti, cavalcavia e sottovia. Le indicazioni riportate nei paragrafi seguenti possono costituire utile riferimento per altri elementi prefabbricati quali: gallerie artificiali; manufatti idraulici; ecc.

Gli elementi prefabbricati tipicamente utilizzati nella costruzione dei ponti sono: travi; pre dalles (o lastre secondo la norma UNI EN 15050), pulvini, elementi delle pile, elevazioni delle spalle o dei muri d'ala o dei muri andatori.

Il presente capitolato si applica agli elementi di cui al cap. 11.8 dalle vigenti Norme Tecniche per le costruzioni (di seguito semplicemente chiamate NTC).

Ai sensi delle suddetta normativa gli elementi prefabbricati da ponte e i muri dovranno recare la marcatura CE.

L'Appaltatore dovrà comunicare ad ANAS il nominativo del produttore dei manufatti, unitamente alla documentazione richiesta per essi dalle vigenti Norme Tecniche per le costruzioni (di seguito semplicemente chiamate NTC).

È richiesto che il produttore dei manufatti abbia un sistema di controllo della produzione ai sensi del par. 11.8.3 delle NTC e che lo stabilimento di produzione sia qualificato ai sensi del par. 11.8.4.1 delle NTC.

L'ANAS si riserva la facoltà di procedere alla verifica di quanto sopra riportato.

L'Appaltatore dovrà eseguire le opere nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nelle NTC, nel presente capitolato e nelle norme seguenti:(laddove queste non sia in contrasto con le NTC o con le indicazioni riportate nel presente capitolato):

- UNI EN 13369 (regole comuni per prodotti prefabbricati in calcestruzzo).
- UNI EN 15050 (prodotti prefabbricati in calcestruzzo – elementi da ponte).
- UNI EN 15258 (prodotti prefabbricati in calcestruzzo - elementi per muri di sostegno).

Si rappresenta che i manufatti in parola costituiscono, usualmente, una produzione occasionale.

2.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per le parti inerenti i materiali costituenti gli elementi prefabbricati in cls (cls, acciai, malte, resine) si rimanda al capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p.

2.1.1 CARATTERISTICHE SUPERFICIALI DEI MANUFATTI

In sede di costruzione si dovrà fornire particolare attenzione a realizzare il livello di rugosità (o scabrezza) previsto dal Progettista nelle zone di interfaccia tra il manufatto ed il getto in opera.



2.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE

Per la costruzione, trasporto e posa in opera l'Appaltatore si atterrà alle norme UNI EN 13369, UNI EN 15258 e UNI EN 15050 (laddove queste non sia in contrasto con le NTC o con le indicazioni riportate nel presente capitolato) e nelle norme da queste richiamate.

2.2.1 DOCUMENTI DI ACCOMPAGNAMENTO

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali e degli appoggi, all'esame ed all'approvazione della D.L. la documentazione prevista nei par. 11.1 e 11.8.5 delle NTC. Tale documentazione sarà integrata da:

- una relazione recante evidenza delle modifiche tecniche eventualmente apportate rispetto al progetto esecutivo;
- relazione di calcolo e disegni delle opere, qualora le opere diano state modificate rispetto al progetto esecutivo;
- il Certificato di Origine, di cui al punto e) del par. 11.8.5 delle NTC, completo delle parti non interessate al deposito presso il Servizio Tecnico Centrale del MIT.

I materiali richiesti per le unioni (malte, resine, betoncini, ecc.) dovranno essere debitamente specificati nella relazione di cui al punto b) del par. 11.8.5 delle NTC, tenendo conto delle seguenti indicazioni:

1. per le resine o malte di incollaggio tra elementi prefabbricati si dovrà porre particolare attenzione alle temperature previste in cantiere e alla loro compatibilità con i prodotti previsti.
2. particolare attenzione sarà data alla protezione delle estremità dei trefoli in testata, che sarà effettuata mediante stuccatura e rasatura con malte cementizie fibrorinforzate a ritiro compensato.
3. Particolare attenzione sarà data nel riempire le asolature resesi eventualmente necessarie per le operazioni di sollevamento o di deviazione dei trefoli; il riempimento sarà effettuato con malte cementizie fibrorinforzate o con betoncini fibrorinforzati a ritiro compensato. Nessun inserto metallico dovrà comunque avere un copriferro inferiore di quello minimo previsto per l'armatura lenta.

Le istruzioni e le specifiche di montaggio (previste al par. 11.8.5 delle NTC) dovranno contenere una procedura di posa in opera e controllo del sistema apparecchi di appoggio, cunei di compenso e sottostrutture, da condividere con il fornitore degli apparecchi di appoggio.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo la zona interessata ed in particolare:



- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti e dei certificati ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Le operazioni di montaggio potranno iniziare soltanto dopo il benestare della D.L.

2.3 PROVE E CONTROLLI

Laddove possibile le prove ed i controlli sui manufatti saranno effettuati in stabilimento.

La Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

2.3.1 CONTROLLI DOCUMENTALI

Controlli previsti nei par. 11.1, 11.8.2 e 11.8.4 delle NTC e a quanto indicato nel presente capitolato.

2.3.2 CONTROLLI SUI PRODOTTI E SUI MATERIALI

Si rimanda al capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p.

2.3.3 CONTROLLI SULLA PRODUZIONE E SUL MONTAGGIO

Controlli previsti nei par. 11.8.3 delle NTC e a quanto indicato nel presente capitolato.

La Direzione Lavori potrà altresì verificare che la costruzione ed il montaggio dell'opera avvengano secondo le indicazioni di progetto, integrato dalle prescrizioni contenute nel presente capitolato e nelle norme UNI EN 13369, UNI EN 15258 e UNI EN 15050 (laddove queste non sia in contrasto con le NTC o con le indicazioni riportate nel presente capitolato) e nelle norme da queste richiamate.

2.3.4 CONTROLLI GEOMETRICI E DIMENSIONALI SUI MANUFATTI

La Direzione Lavori potrà effettuare controlli geometrici e dimensionali secondo quanto previsto nelle norme UNI EN 13369, UNI EN 15258 e UNI EN 15050.

Particolare attenzione deve essere posta alla "monta" delle travi presollecitate in stabilimento: tale deformazione, misurata prima del montaggio in opera, deve essere compatibile con la geometria della struttura stessa in relazione alle esigenze di montaggio (compatibilità con il requisito di planarità delle superfici orizzontali degli appoggi; monta differenziale tra travi della stessa campata, che può portare uno scorretto posizionamento delle dalles o dei trasversi; ecc.) e alle esigenze



dell'esercizio stradale (eccessiva ondulazione del piano carrabile; scorretto deflusso longitudinale dell'acqua di piattaforma).

2.4 PROVE DI CARICO E COLLAUDO

Prima di sottoporre le strutture in acciaio alle prove di carico verrà eseguita da parte della Direzione Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le strutture per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

La Direzione Lavori dovrà redigere apposito verbale da consegnare all'Appaltatore ed al collaudatore che riporti l'esito dell'ispezione.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico, se previste, ed al collaudo statico delle strutture, operazioni che verranno condotte secondo le prescrizioni di legge.

2.5 MANUTENZIONE

Laddove non previsti in progetto, si dovranno eseguire dei fori per lo scarico delle acque di eventuale infiltrazione.

Nella redazione del "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" si dovrà dare particolare attenzione ai seguenti aspetti, considerati peculiari per le strutture in parola.

- I percorsi e le modalità di accesso alle parti oggetto di ispezione. Gli elementi chiusi e privi di idoneo "passo d'uomo" (quali, ad esempio, le travi con sezione ad U o ad Omega) dovranno essere dotati di apposite aperture che consentano l'introduzione e la movimentazione di telecamere, secondo modalità e procedure descritte "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti".
- Ispezione delle asolature dotate di griglie o reti antipassero.
- Le modalità di sollevamento degli impalcati per la sostituzione degli appoggi. In tal senso si dovranno fornire le seguenti informazioni: ubicazione dei martinetti; portata dei martinetti; entità del sollevamento (attenzione si dovrà porre al valore massimo consentito nelle strutture iperstatiche senza superare gli Stati Limite di Esercizio previsti in progetto); eventuali limitazioni all'esercizio stradale; eventuali conseguenze sui giunti; azioni caratteristiche, sia orizzontali (vento, eventuale frenatura) e sia verticali, agenti sui vincoli provvisori o sui martinetti durante le operazioni in parola. Per travate continue andrà indicata la possibilità di effettuare il sollevamento su una o più pile contemporaneamente e fornita l'entità del sollevamento per ogni pila interessata.



Come previsto dalla normativa vigente il Manuale di manutenzione deve prevedere anche la collocazione nell'intervento delle parti menzionate e la loro rappresentazione grafica.

2.6 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- Norme Tecniche per le costruzioni
- UNI EN 13369
- UNI EN 15050
- UNI EN 15258

2.7 **MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE**

Le travi di impalcato saranno computate a metro lineare e contabilizzate con gli articoli previsti dall'Elenco Prezzi ANAS.

I manufatti prefabbricati in conglomerato cementizio armato, normale o precompresso saranno contabilizzate secondo la relativa voce dell'Elenco Prezzi.

Quando, nell'esecuzione di impalcati, sono impiegate travi costruite fuori opera in c.a. o in c.a.p., di luce superiore a 2 m, il loro sollevamento, trasporto e collegamento in opera a qualsiasi altezza, sarà contabilizzato con i relativi articoli dell'Elenco Prezzi.

Se, in una stessa opera d'arte, sono impiegate travi di luci diverse, gli aumenti o le detrazioni per variazioni del numero delle travi, saranno applicate separatamente per gruppi di travi rientranti nella stessa classe di luci.

Per luci inferiori a 2 m, l'onere di sollevamento, trasporto e collocamento in opera è compreso negli articoli dell'Elenco prezzi relativi ai conglomerati cementizi.

L'armatura di sostegno di casseforme per getti in opera, a qualsiasi altezza, di solette su travi varate in c.a., c.a.p. o acciaio, anche per le parti a sbalzo, sarà computata in base alla superficie determinata misurando in larghezza, normalmente all'asse delle travi, la distanza tra i bordi delle travi o tra il bordo della trave ed il filo esterno dello sbalzo ed in lunghezza la distanza fra le testate della soletta misurata parallelamente all'asse delle travi. L'articolo di cui sopra comprende anche l'onere per la fornitura e messa in opera dell'armatura di sostegno delle casseforme per il getto dei traversi.

L'armatura di sostegno per le dalle impiegate come casseforme a perdere sarà contabilizzata con l'articolo dell'Elenco prezzi relativo alle armature di sostegno di casseforme per getto in opera di solette e traversi su travi varate.



3 OPERE IN C.A.P. A CAVI O BARRE POST TESI

Il presente Capitolato si applica a tutte le strutture in c.a.p. (sia prefabbricate e sia gettate in opera) post tese destinate alla realizzazione di ponti, viadotti, cavalcavia e sottovia. Per le strutture prefabbricate e post tese si applicano anche le disposizioni contenute nel capitolo dedicato agli elementi prefabbricati. Per i materiali di cui al Capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p. si rimanda alle indicazioni ivi contenute. Per l'esecuzione ed i controlli delle parti gettate in opera si applicano le norme UNI EN 13670, con riferimento ad una Classe di esecuzione pari a 3 e una Classe di tolleranza pari a 1.

Il sistema di precompressione è l'insieme dei componenti (ancoraggi, deviatori, armature di frettaggio, guaine con relativi sistemi di unione e collegamento, pasta di iniezione delle guaine, sistemi di sfiato e di iniezione delle guaine, accoppiatori ed accessori speciali) e delle attrezzature (pompe, martinetti, spingitrefoli, ecc.) che consentono l'installazione, tesatura e protezione di cavi scorrevoli composti da trefoli, fili o barre di acciaio per la presollecitazione di elementi strutturali.

L'Appaltatore dovrà impiegare sistemi di precompressione conformi al par. 11.5.1 delle Norme Tecniche per le costruzioni (di seguito semplicemente chiamate NTC), **forniti da un unico produttore per l'intero appalto**. Nel caso di sistemi di precompressione a barre la fornitura del sistema di precompressione includerà anche le barre. L'installazione (posa in opera, messa in tensione e iniezione delle guaine) di tali sistemi dovrà essere effettuata da personale specializzato e dotato di una specifica esperienza e capacità per l'installazione di sistemi di post tensione. Detto personale dovrà avere i requisiti indicati nello ETA (European Technical Approval) del sistema di precompressione prescelto.

L'ANAS si riserva la facoltà di procedere alla verifica di quanto sopra riportato anche mediante ispezione di personale qualificato.

L'Appaltatore dovrà eseguire le opere nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nelle NTC e nel presente capitolato.

3.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I materiali impiegati nella costruzione di strutture post tese (boiacche o paste di iniezione delle guaine, acciai da precompressione, malte e calcestruzzo) dovranno essere conformi ai requisiti richiesti dalle NTC e dal progetto esecutivo.

Per le caratteristiche delle boiacche o paste e per le relative procedure di iniezione delle guaine e di prova si farà riferimento alla norma UNI EN 445, UNI EN 446, UNI EN 447.

Per le caratteristiche delle guaine e per le relative procedure di prova si farà riferimento alle norme UNI EN 523 e UNI EN 524.



Per il calcestruzzo, in aggiunta a quanto indicato nella relativa sezione del presente capitolato dedicata ai calcestruzzi, saranno anche effettuate prove preliminari finalizzate alla determinazione del mix design adatto a soddisfare i requisiti previsti dal progetto esecutivo in termini di:

- evoluzione temporale della resistenza;
- evoluzione temporale della deformabilità;
- evoluzione temporale della creep;
- evoluzione temporale della ritiro.

3.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE

Le operazioni di montaggio/varo potranno iniziare soltanto dopo il benestare della D.L.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo la zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo

3.2.1 PROGETTO COSTRUTTIVO

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali e dei prodotti, all'esame ed all'approvazione della D.L. il progetto costruttivo delle opere, ovvero:

- c) elaborati costruttivi;
- d) una relazione recante evidenza delle modifiche tecniche eventualmente apportate rispetto al progetto esecutivo.

In particolare gli elaborati costruttivi saranno composti da:

- specifiche di esecuzione;
- disegni costruttivi;
- relazione tecnica e di calcolo della struttura durante il montaggio/varo;
- piano di monitoraggio topografico (laddove richiesto dalla Direzione Lavori);
- relazioni di calcolo dei manufatti provvisori necessari alla movimentazione e al sostegno dei componenti costruttivi;



- relazione di calcolo delle opere, qualora modificate rispetto al progetto esecutivo.

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori dei progetti e dei certificati ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

3.2.1.1 Specifiche di esecuzione

Le specifiche di esecuzione saranno redatte nel rispetto di quanto previsto nel progetto esecutivo e delle istruzioni fornite dal fornitore del sistema di precompressione. Le specifiche di esecuzione conterranno le eventuali prove, i criteri di valutazione delle non conformità e gli interventi necessari alla loro risoluzione.

Le specifiche richieste sono:

- La specifica sui materiali e prodotti impiegati, finalizzata alla definizione delle caratteristiche individuate per il progetto in parola e alle procedure di imballo, trasporto, magazzino, manipolazione e protezione temporanea.
- La specifica per il getto e la maturazione dei cls, tenendo in conto una Classe di maturazione pari a 4 (ai sensi della citata norma UNI EN 13670).
- La specifica di identificazione e rintracciabilità dei materiali e dei componenti.
- La specifica di montaggio del sistema di precompressione (che comprende: guaine, manicotti per guaine, attacchi per l'iniezione, sfiati, collegamenti per gli sfiati, drenaggi, raccordi agli ancoraggi e cappucci degli ancoraggi, sistema di sostegno della guaina durante il getto, ecc.).
- La specifica di controllo delle guaine, da effettuare prima dell'installazione dei trefoli.
- La specifica di tesatura dei cavi e controllo degli allungamenti, con relativa scheda di tesatura, con le tolleranze ammesse e la risoluzione delle eventuali non conformità attese in sito.
- La specifica di pulizia ed iniezione delle guaine, con relativa scheda di iniezione e disegni di posizionamento dei punti di iniezione e di sfiato.
- La specifica di protezione dei trefoli dopo la messa in tensione e prima dell'iniezione delle guaine.
- La specifica di sigillatura e protezione delle testate di ancoraggio dalla corrosione.
- La specifica di trasferimento di carico dai vincoli provvisori ai vincoli definitivi.
- La specifica per la messa in sicurezza delle strutture in condizioni speciali (es. venti eccezionali o cadute accidentali di alcuni elementi costruttivi) occorrenti durante il montaggio/varo.



3.2.1.2 Disegni costruttivi

I disegni costruttivi (carpenterie, armature, posizione e tracciato delle armature di precompressione, ecc.) costituiscono l'adattamento del progetto esecutivo al sistema di precompressione prescelto, alle modalità di montaggio/varo da impiegare e alla geometria dei vari elementi costruttivi, così come modificata dalle eventuali "contro frecce" costruttive. I disegni costruttivi includono anche i disegni dei manufatti provvisori necessari alla movimentazione e al sostegno dei componenti costruttivi (derrick, carrivaro, ecc.) durante il montaggio/varo.

3.2.1.3 Relazione tecnica e di calcolo della struttura durante il montaggio

La relazione tecnica e di calcolo della struttura durante il montaggio conterrà la descrizione del funzionamento statico della struttura nelle diverse fasi, riportando, per ogni fase quanto segue:

- sequenza e tempistica di attuazione delle operazioni;
- posizionamento dei manufatti provvisori necessari alla movimentazione e al sostegno dei componenti costruttivi in relazione alle fasi di avanzamento della costruzione;
- sequenza delle tesature dei cavi di precompressione e calcoli degli allungamenti teorici;
- calcoli statici;
- resistenze dei cls attese per le diverse fasi della costruzione;
- attuazione delle eventuali distorsioni da indurre nella struttura;

3.2.1.4 Piano di monitoraggio topografico

Il piano di monitoraggio topografico è finalizzato al controllo topografico della struttura in corso di costruzione. Il piano di monitoraggio topografico sarà basato sulle deformazioni calcolate in sede di progettazione e dovrà riportare:

- la geometria attesa della deformata della struttura, con indicazione di un range di valori entro il quale i dati rilevati siano da ritenersi coerenti con le previsioni progettuali;
- le specifiche di controllo topografico della struttura e di controllo della temperatura nei punti significativi della struttura;
- le procedure correttive da adottare qualora i risultati ottenuti non fossero coerenti con le previsioni progettuali.

3.2.1.5 Relazione di calcolo delle opere modificate rispetto al progetto esecutivo

Tale relazione si rende necessaria qualora l'adattamento del progetto esecutivo al sistema di precompressione prescelto (es: attrito delle guaine, tracciato dei cavi, rientro dei cunei di bloccaggio, ecc.) e alle modalità di montaggio/varo da impiegare (es: sequenza e tempistica di costruzione, geometria degli elementi costruttivi, ecc.) e ai materiali (essenzialmente al cls) effettivamente previsti per la costruzione comporti una variazione dei parametri assunti alla base della progettazione



3.2.2 IDENTIFICAZIONE E RINTRACCIABILITÀ DEI MATERIALI

Per le strutture prefabbricate e post tese si applicano anche le disposizioni contenute nel capitolo dedicato agli elementi prefabbricati. Per i materiali di cui al Capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p. si rimanda alle indicazioni ivi contenute. Per gli altri materiali si rimanda alla "Specificazione di identificazione e rintracciabilità dei materiali e dei componenti" contenuta nel progetto costruttivo.

3.2.3 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER L'ESECUZIONE

3.2.3.1 Attrezzatura per la messa in tensione

Il sistema di misura dei martinetti dev'essere tarato. Il certificato di taratura (non anteriore di 6 mesi) deve comprendere una curva di taratura che stabilisca la correlazione fra i valori dati dal sistema di misura (manometro, trasduttore di forza o altro) ed il carico applicato dai martinetti. La tolleranza dei valori misurati dev'essere stabilita per tutta la gamma di taratura e non deve essere maggiore del 2% dei corrispondenti carichi applicati.

La taratura deve essere fornita da un laboratorio qualificato in conformità alle normative di legge vigenti (DPR 6 giugno 2001 n. 380 Art. 59).

Tutte le attrezzature devono subire la manutenzione ad intervalli regolari.

Solo in particolari esigenze costruttive, laddove non si possa utilizzare un martinetto multiplo, sarà ammesso, dietro preventiva approvazione della Direzione Lavori, l'utilizzo di martinetti di tipo monotrefolo.

3.2.3.2 Installazione dei cavi

Il tipo, la classe e le informazioni di rintracciabilità degli elementi di tensione dovranno essere registrati per ogni cavo.

I cavi di postensione dovranno essere messi in opera e legati all'armatura lenta e ai supporti in maniera tale che mantengano la loro posizione entro le tolleranze permesse (vedi 7.2.6 (1) e 10.6 EN 13670-1). I loro supporti dovranno essere progettati e posizionati in modo da evitare qualsiasi danno alle guaine e per limitare l'effetto di ondeggiamento seguendo le indicazioni fornite dal titolare dello ETA del sistema di precompressione; in assenza di tali indicazioni il posizionamento del cavo sarà assicurato ogni 50cm.

Durante la costruzione, i cavi dovranno essere adeguatamente sigillati contro la penetrazione di umidità.

3.2.3.3 Tesatura

La tesatura dovrà essere conforme ad un programma predisposto sulla base del progetto costruttivo. Il programma dovrà includere almeno:



- l'identificazione delle fasi di costruzione in cui si deve effettuare la tesatura del cavo;
- all'interno di ogni fase interessata, l'ordine in cui i cavi successivi devono essere tesati e, se necessario, i requisiti per le prove di attrito e le fasi di tesatura di ogni singolo cavo;
- per ogni cavo, la forza iniziale e l'allungamento corrispondente previsto;
- le tolleranze sulle forze iniziali e sugli allungamenti, in accordo alle norme vigenti o alle specifiche del progetto.

L'applicazione e/o il trasferimento della postensione ad una struttura dovrà essere fatto progressivamente ed è ammesso soltanto quando la resistenza del calcestruzzo è uguale o maggiore della resistenza minima a compressione specificata in relazione al sistema di postensione prescelto.

L'allungamento totale di ciascun cavo misurato in sito dovrà situarsi all'interno delle tolleranze indicate nello ETA del sistema di precompressione. In assenza di indicazioni è ammessa una tolleranza compresa tra +/- 15% dell'allungamento teorico calcolato. Scostamenti che eccedono i limiti indicati saranno tempestivamente sottoposti all'attenzione del Progettista. Nel caso di deviazione dalle prestazioni specificate durante la tesatura, non sono permessi il taglio delle estremità del cavo o l'iniezione. Non dovranno essere effettuate altre lavorazioni che possano ostacolare la ritessatura; queste saranno posticipate sino all'approvazione del rapporto con la revisione dei dati di tesatura.

Salvo diversamente indicato nelle specifiche di esecuzione, si raccomanda di non effettuare la tesatura con temperature ambiente inferiori a -10°C . La tesatura non dovrà comunque essere mai effettuata quando la temperatura della struttura è al disotto di $+5^{\circ}\text{C}$. Questa restrizione è legata alle difficoltà che si potrebbero incontrare in queste condizioni con il riempimento delle guaine, operazione che deve essere effettuata entro un breve tempo dalla tesatura.

Entro 7 giorni dalla tesatura i cavi dovranno essere iniettati, salvo diversamente indicato nelle specifiche di esecuzione.

3.3 PROVE E CONTROLLI

Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

La Direzione Lavori dovrà almeno effettuare i controlli previsti:

- nel Capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p. per i materiali ivi trattati.
- nella sezione del presente Capitolato dedicata alle strutture prefabbricate.
- nel cap. 11.5.1 delle NTC per i sistemi di precompressione.
- nel progetto costruttivo.



- Nella norma UNI EN 13670 per gli elementi gettati in opera.

Le operazioni di tesatura e di iniezione non potranno effettuarsi in assenza della Direzione Lavori.

3.4 PROVE DI CARICO E COLLAUDO

Prima di sottoporre le strutture alle prove di carico verrà eseguita da parte della Direzione Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

La Direzione Lavori dovrà redigere apposito verbale da consegnare all'Appaltatore ed al collaudatore che riporti l'esito dell'ispezione.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico, se previste, ed al collaudo statico delle strutture, operazioni che verranno condotte secondo le prescrizioni di legge.

3.5 MANUTENZIONE

Laddove non previsti in progetto, si dovranno eseguire dei fori per lo scarico delle acque di eventuale infiltrazione.

Nella redazione del "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" si dovrà dare particolare attenzione ai seguenti aspetti, considerati peculiari per le strutture in parola.

- Ispezione delle asolature dotate di griglie o reti antipassero.
- Le modalità di sollevamento degli impalcati per la sostituzione degli appoggi. In tal senso si dovranno fornire le seguenti informazioni: ubicazione dei martinetti; portata dei martinetti; entità del sollevamento (attenzione si dovrà porre al valore massimo consentito nelle strutture iperstatiche senza superare gli Stati Limite di Esercizio previsti in progetto); eventuali limitazioni all'esercizio stradale; eventuali conseguenze sui giunti; azioni caratteristiche, sia orizzontali (vento, eventuale frenatura) e sia verticali, agenti sui vincoli provvisori o sui martinetti durante le operazioni in parola. Per travate continue andrà indicata la possibilità di effettuare il sollevamento su una o più pile contemporaneamente e fornita l'entità del sollevamento per ogni pila interessata.
- Il richiamo alle parti del progetto costruttivo qualora sia stata eventualmente prevista la possibilità di installare precompressione aggiuntiva esterna successivamente all'entrata in esercizio dell'opera.

Come previsto dalla normativa vigente il Manuale di manutenzione deve prevedere anche la collocazione nell'intervento delle parti menzionate e la loro rappresentazione grafica.



3.6 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Norme Tecniche per le costruzioni
- UNI EN 13670
- UNI EN 445
- UNI EN 446
- UNI EN 447
- UNI EN 523
- UNI EN 524
- ETAG 013 – Linee Guida di Benestare Tecnico Europeo per i componenti di sistemi di postensione

3.7 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

Il peso dell'acciaio per strutture in conglomerato cementizio armato precompresso con il sistema a cavi scorrevoli sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto dei cavi, compreso tra le facce esterne degli apparecchi di bloccaggio, per il numero dei fili componenti il cavo e per il peso unitario dei fili stessi, calcolato in funzione del diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio di 7,85 kg/dm³.

Il peso dell'acciaio in barre per calcestruzzi precompressi sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto delle barre, compreso tra le facce esterne degli apparecchi di ancoraggio, per il peso unitario della barra, calcolato in funzione del diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio di 7,85 kg/dm³.

L'articolo di Elenco prezzi dell'acciaio per strutture in conglomerato cementizio armato precompresso comprende la fornitura dell'acciaio, tutti gli oneri necessari per dare l'acciaio in opera a perfetta regola d'arte ed inoltre:

a) per il sistema a cavi scorrevoli e per il sistema a barre:

la fornitura e posa in opera delle guaine, comprese le relative giunzioni; la fornitura e posa in opera dei ferri distanziatori dei cavi e dei sistemi di stabilizzazione delle guaine durante il getto; le legature delle guaine costituenti ciascun cavo ad intervalli di 50 cm; le iniezioni delle guaine dei cavi; le teste e le piastre di ancoraggio; la mano d'opera, i mezzi ed i materiali per la messa in tensione di cavi e per il bloccaggio dei dispositivi; gli accoppiatori;

b) per il sistema a fili aderenti:

la fornitura e posa in opera dei dispositivi di posizionamento dei fili all'interno della struttura, degli annessi metallici ed accessori di ogni tipo; la mano d'opera, i mezzi ed i materiali neces-



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.17 - Rev.1.0
Opere d'arte maggiori Ponti e viadotti

sari per la messa in tensione dei fili, per il bloccaggio degli stessi e per il taglio a stagionatura avvenuta della struttura, delle estremità dei fili non annegate nel conglomerato cementizio; la perfetta sigillatura delle sbrecciature nell'intorno dei fili tagliati sulla superficie delle testate della struttura;



4 APPOGGI E DISPOSITIVI ANTISISMICI

Il presente capitolato si applica agli appoggi strutturali (in seguito definiti semplicemente appoggi) di cui al cap. 11.6 dalle vigenti Norme Tecniche per le costruzioni (di seguito semplicemente chiamate NTC) e ai dispositivi antisismici (in seguito definiti semplicemente dispostivi) di cui al cap. 11.9 delle NTC.

Ai sensi delle suddetta normativa gli appoggi strutturali e i dispositivi antisismici dovranno recare la marcatura CE.

Per le malte o le resine necessarie al collegamento dei suddetti elementi alle strutture dell'opera si rimanda al capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p.

L'Appaltatore dovrà fornire ad ANAS il nominativo del fornitore degli appoggi e dei dispositivi, unitamente alla documentazione richiesta per essi NTC.

L'Appaltatore dovrà eseguire le opere nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nelle NTC, nel presente capitolato, nella norma UNI EN 1337 per gli appoggi, nella norma UNI EN 15129 per i dispositivi e nelle norme da queste richiamate.

Per gli appoggi e per i dispositivi antisismici di opere sovrappassanti linee ferroviarie si farà riferimento anche alla specifica RFI "Specifiche per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia".

L'ANAS si riserva la facoltà di procedere alla verifica di quanto sopra riportato anche mediante ispezione di personale qualificato.

4.1 CARATTERISTICHE

4.1.1 TEMPERATURE DI ESERCIZIO

Gli appoggi e i dispositivi in parola dovranno essere progettati e costruiti per lavorare nel campo delle temperature comprese tra T_{min} e T_{max} .

Il valore T_{max} o T_{min} , definite rispettivamente come temperatura massima estiva e minima invernale dell'aria nel sito della costruzione, con riferimento ad un periodo di ritorno di 50 anni è riportato nell'Appendice A.

Il valore della temperatura di esercizio influenza particolarmente sul comportamento dei dispositivi antisismici contenenti fluidi viscosi.

Il valore di T_{min} e T_{max} dei dispositivi e degli appoggi forniti in cantiere sarà chiaramente indicato tra le caratteristiche prestazionali elencate nelle specifiche tecniche.

4.1.2 PROTEZIONI ANTI POLVERE E ANTI CORROSIVA



Per la protezione anticorrosiva si farà riferimento ad una classe di esposizione ambientale pari a C5-I o C5-M secondo la normativa EN ISO 12944-2. Per la durabilità della protezione si farà riferimento al livello "alto" (High) secondo la normativa EN ISO 12944-5.

Gli appoggi saranno dotati di completa protezione antipolvere realizzata con raschia polvere e soffiotti neoprene che si estenderanno per tutta l'escursione dell'apparecchio. I fermi e i contrasegni degli appoggi dovranno essere visibili o ubicati all'esterno della protezione.

Il valore della Vita Utile dei dispositivi e degli appoggi forniti in cantiere sarà chiaramente indicato tra le caratteristiche prestazionali elencate nelle specifiche tecniche.

4.1.3 PREREGOLAZIONE

La pre-regolazione è talvolta necessaria per far fronte ai movimenti differiti nel tempo degli impalcati in cls e ai movimenti giornalieri e stagionali dovuti alla variazione termica.

In sede di progetto si dovrà tenere in conto di entrambi i suddetti fenomeni e, laddove ritenuto necessario, contrastarli con idonea prerregolazione di apparecchi e dispositivi.

Laddove possibile la prerregolazione dovrà essere effettuata in officina; interventi di prerregolazione in cantiere potranno essere eseguiti soltanto dal personale del produttore degli appoggi e dei dispositivi.

Per la misura della temperatura della struttura della struttura si potrà fare riferimento a misure dirette o a correlazioni tra la temperatura dell'aria e quella della struttura stessa. A tal fine si farà riferimento ai seguenti documenti:

- Appendice C della UNI EN 1337-1;
- Appendice B della UNI EN 1337-10;
- Figura 6.1 dell'Eurocodice 1 parte 1.5 (EN 1991-1.5).

Gli apparecchi e i dispositivi saranno dotati, laddove non palesemente impossibile, di scala graduata e di indice di misura per lo scorrimento.

I valori e le modalità della prerregolazione saranno indicati nelle specifiche tecniche di posa in opera.

La prerregolazione dei dispositivi e degli appoggi sarà chiaramente indicata tra le caratteristiche prestazionali elencate nelle specifiche tecniche e nel "Rapporto di ispezione iniziale".

4.1.4 COLLEGAMENTO ALLE STRUTTURE



Le piastre di base degli apparecchi d'appoggio non muniti di contropiastro inferiore dovranno essere arretrate di almeno 10cm dal bordo libero più vicino del baggiolo, se muniti di contropiastre, le stesse dovranno essere arretrate di almeno 5 cm dal bordo libero più vicino del baggiolo.

La contropiastro superiore collegata ad una travata in c.a. o c.a.p. dovrà essere posta ad una distanza di almeno 10cm dalla testata e dai lati della trave stessa.

4.1.4.1 Verifica delle zanche di collegamento ai baggioli in c.a.

Per limitare le pressioni di contatto sul calcestruzzo il diametro delle zanche deve essere determinato attraverso modellazioni agli elementi finiti considerando un vincolo superiore a cerniera. In assenza del suddetto calcolo rigoroso il diametro minimo "Dmin" delle zanche non deve, risultare inferiore a:

$$D_{min} = \text{radq}(3.5 \cdot V / 2.5 \cdot \text{radq}(R_{ck} \cdot f_{yk}))$$

dove:

- V = forza di taglio (SLU o SLC) agente sulla zanca;
- R_{ck} = resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo;
- f_{yk} = tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio della zanca

,prevedendo una lunghezza della zanca almeno pari al valore massimo tra 25cm e $3 \cdot D_{min}$.

La forza orizzontale trasmessa dalla zanca al cls dovrà poi essere equilibrata da armatura metallica idoneamente disposta intorno ad essa.

4.1.5 SOSTITUZIONE

Tutti gli appoggi e i dispositivi dovranno essere sostituibili secondo i seguenti criteri:

- senza effettuare alcuna traslazione orizzontale dell'impalcato;
- con sollevamento massimo non eccedente 20mm.

Le modalità di sostituzione ed in particolare l'entità del sollevamento massimo necessario saranno chiaramente indicate nelle specifiche tecniche dei dispositivi e degli appoggi forniti in cantiere.

4.2 MODALITÀ DI INSTALLAZIONE

Per l'installazione degli appoggi l'Appaltatore si atterrà alla UNI EN 1337-11. Tale norma sarà di riferimento anche per i dispositivi.

L'installazione avverrà come indicato nel "Manuale contenente le specifiche tecniche per la posa in opera".

Le operazioni di montaggio potranno iniziare soltanto dopo il benestare della D.L.



Dopo la posa in opera, l'Appaltatore redigerà il "Rapporto di ispezione iniziale" ai sensi dei par. 5 e 7 della UNI EN 1337-11. Tale documento farà parte del "Piano di manutenzione dell'opera".

4.2.1 PROGETTO COSTRUTTIVO

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali e degli appoggi, all'esame ed all'approvazione della D.L. il progetto d'officina di appoggi e dispositivi, ovvero:

- a) elaborati costruttivi;
- b) una relazione recante evidenza delle modifiche tecniche eventualmente apportate rispetto al progetto esecutivo.

In particolare gli elaborati costruttivi saranno composti da:

- i disegni di officina;
- i disegni di installazione (per i quali si farà sempre riferimento al par. 4 della Uni EN 1337-11);
- le specifiche tecniche;
- il manuale contenente le specifiche tecniche per la posa in opera;
- la relazione di calcolo.

Nei suddetti documenti dovranno essere evidenziati:

- il calcolo delle escursioni e delle rotazioni previste per gli apparecchi nelle singole fasi di funzionamento; dovranno essere esposti separatamente i contributi dovuti alle variazioni termiche e alle deformazioni viscoso ed al ritiro del calcestruzzo;
- l'indicazione della tolleranza ammessa per l'orizzontalità ed il parallelismo dei piani di posa degli apparecchi;
- le modalità di collegamento alle strutture;
- le modalità e i materiali per la rettifica e correzione di eventuali non conformità riscontrabili in sito rispetto alle geometrie attese per il collegamento.

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti e dei certificati ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

4.3 PROVE E CONTROLLI

Laddove possibile le prove ed i controlli saranno effettuati prima del montaggio finale in opera.



Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

4.3.1 CONTROLLI DOCUMENTALI

Controlli previsti nei par. 11.1 (marcatura CE) 11.6 e 11.9 delle NTC e a quanto indicato nel presente capitolato.

Il Direttore Lavori dovrà verificare, in fase di accettazione, la presenza del manuale contenente le specifiche tecniche di posa in opera, nonché, in fase di esecuzione, curare che l'installazione avvenga in coerenza con dette specifiche.

4.3.2 PROVE DI ACCETTAZIONE

Controlli previsti nei par. 11.6 e 11.9 delle NTC delle NTC e a quanto altro indicato nel presente capitolato.

Per gli appoggi le prove di cui par. 11.6 delle NTC saranno eseguite secondo le stesse modalità delle prove di qualificazione.

Per i dispositivi le prove di cui par. 11.9 delle NTC saranno eseguite secondo quanto più restrittivo tra le NTC e la UNI EN 15129.

4.3.3 CONTROLLI SULLA ESECUZIONE

La Direzione Lavori verificherà che l'esecuzione dell'opera avvenga secondo le indicazioni e le previsioni del progetto d'officina, integrato dalle prescrizioni contenute nel presente capitolato e nella norma UNI EN 1337-11.

4.4 PROVE DI CARICO E COLLAUDO

Prima di sottoporre le strutture in acciaio alle prove di carico verrà eseguita da parte della Direzione Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

La Direzione Lavori dovrà redigere apposito verbale da consegnare all'Appaltatore ed al collaudatore che riporti l'esito dell'ispezione.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico, se previste, ed al collaudo statico delle strutture, operazioni che verranno condotte secondo le prescrizioni di legge.



4.5 MANUTENZIONE

Per la redazione del "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" si farà riferimento, sia per gli appoggi e sia per i dispositivi, alla UNI EN 1337-10. Tale documento sarà di riferimento sia per le modalità di ispezione e sia per la documentazione (schede tipologiche) ivi suggerita.

Il "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" conterrà anche:

- Il Rapporto di ispezione iniziale;
- I percorsi e le modalità di accesso alle parti oggetto di ispezione.
- La frequenza delle ispezioni periodiche e principali;
- Le schede per l'ispezione, adattate agli apparecchi e dispositivi del progetto;
- La Vita Utile;
- L'evoluzione temporale attesa della cinematica dei vincoli in conseguenza delle variazioni volumetriche differite del cls.
- Le specifiche per la sostituzione;

Come previsto dalla normativa vigente il Manuale di manutenzione deve prevedere anche la collocazione nell'intervento delle parti menzionate e la loro rappresentazione grafica.

4.6 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Norme Tecniche per le costruzioni
- UNI EN 1337
- UNI EN 15129

4.7 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

Saranno contabilizzati con i relativi articoli di Elenco prezzi, che comprendono oltre alle forniture e lavorazioni ivi richiamate, tutti gli oneri e le prescrizioni delle presenti Norme.

L'unità di misura delle lavorazioni sarà riferita al numero di elementi posti in opera o in alternativa al volume degli elementi stessi misurato in dm³



5 GIUNTI DI ESPANSIONE

Il presente capitolato si applica ai coprigiunti di espansione/contrazione (in seguito definiti semplicemente appoggi).

Per le malte o le resine necessarie al collegamento dei suddetti elementi alle strutture dell'opera si rimanda al capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p.

L'Appaltatore dovrà fornire ad ANAS il nominativo del fornitore dei giunti.

L'Appaltatore dovrà eseguire le opere nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nelle NTC e nel presente capitolato. La norma ETAG costituisce altresì un utile riferimento.

Per i giunti di opere sovrappassanti linee ferroviarie si farà riferimento anche alla specifica RFI "Specifiche per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia".

L'ANAS si riserva la facoltà di procedere alla verifica di quanto sopra riportato anche mediante ispezione di personale qualificato.

5.1 CARATTERISTICHE

5.1.1 TEMPERATURE DI ESERCIZIO

I dispositivi in parola dovranno essere progettati e costruiti per lavorare nel campo delle temperature comprese tra T_{min} e T_{max} .

Il valore T_{max} o T_{min} , definite rispettivamente come temperatura massima estiva e minima invernale dell'aria nel sito della costruzione, con riferimento ad un periodo di ritorno di 50 anni è riportato nell'Appendice A.

Il valore di T_{min} e T_{max} dei dispositivi e degli appoggi forniti in cantiere sarà chiaramente indicato tra le caratteristiche prestazionali elencate nelle specifiche tecniche.

5.1.2 VITA UTILE

Il valore della Vita Utile, di cui al par. 2.3.4 della ETAG 032-1 dei dispositivi forniti in cantiere sarà chiaramente indicato tra le caratteristiche prestazionali elencate nelle specifiche tecniche.

Non sono ammessi valori di Vita Utile inferiori a 15 anni.

5.1.3 PREREGOLAZIONE

La pre-regolazione è talvolta necessaria per far fronte ai movimenti differiti nel tempo degli impalcati in cls e ai movimenti giornalieri e stagionali dovuti alla variazione termica.



In sede di progetto si dovrà tenere in conto di entrambi i suddetti fenomeni e, laddove ritenuto necessario, contrastarli con idonea prerogolazione di apparecchi e dispositivi.

Laddove possibile la prerogolazione dovrà essere effettuata in officina; interventi di prerogolazione in cantiere potranno essere eseguiti soltanto dal personale del produttore dei giunti.

Per la misura della temperatura della struttura della struttura si potrà fare riferimento a misure dirette o a correlazioni tra la temperatura dell'aria e quella della struttura stessa. A tal fine si farà riferimento ai seguenti documenti:

- Appendice C della UNI EN 1337-1;
- Appendice B della UNI EN 1337-10;
- Figura 6.1 dell'Eurocodice 1 parte 1.5 (EN 1991-1.5).

I valori e le modalità della prerogolazione saranno indicati nelle specifiche tecniche di posa in opera.

La prerogolazione sarà chiaramente indicata tra le caratteristiche prestazionali elencate nelle specifiche tecniche e nel "Rapporto di ispezione iniziale".

5.1.4 SOLLEVAMENTO DIFFERENZIALE DELLE TESTATE DEL VARCO

I giunti devono essere progettati per permettere, senza alcun danno e per qualsiasi ampiezza di funzionamento del varco ed in soggiacenza dell'esercizio stradale, un sollevamento differenziale dovuto agli interventi di manutenzione sugli appoggi non inferiore a 3cm.

L'entità del sollevamento differenziale massimo necessario sarà chiaramente indicata nelle specifiche tecniche del giunti forniti in cantiere.

5.1.5 AGGRESSIVITÀ AMBIENTALE

I giunti, le malte e i collegamenti metallici devono essere progettati per essere sempre ubicati su strade con frequente uso di sali disgelanti.

Tale caratteristica sarà chiaramente indicata nelle specifiche tecniche del giunti forniti in cantiere.

5.1.6 DIMENSIONE DEI VARCHI

Il varco, cioè la distanza da lasciare tra le testate delle solette dell'impalcato a temperatura media ambiente, dovrà essere pari a quanto definito nelle schede tecniche del giunto fornite dal produttore.



5.1.7 SCOSSALINA

Mediante l'impiego di un'opportuna scossalina, il giunto dovrà drenare l'acqua dalla testata degli impalcato evitando possibili danneggiamenti alle travi, agli apparecchi di appoggio nonché ai pulvini. La scossalina dovrà essere disposta su tutta la larghezza dell'impalcato. Laddove le acque raccolte dalla scossalina creino uno stillicidio sulle sottostanti strutture, queste verranno raccolte e allontanate mediante un apposito sistema di collettamento.

5.1.8 GIUNTI SUI CORDOLI E SUI MARCIAPIEDI DI SERVIZIO

Sui cordoli e sui marciapiedi di servizio si dovranno prevedere dei copri varchi metallici solidali ad un impalcato e scorrevoli sull'altro. Tali elementi, in lamiera striata, saranno installati prima della posa del binder. La protezione contro la corrosione sarà garantita da zincatura a caldo per una classe di esposizione ambientale pari a C5-I o C5-M secondo la normativa EN ISO 12944-2. Per la durabilità della protezione si farà riferimento al livello "alto" (High) secondo la normativa EN ISO 12944-5.

5.2 MODALITÀ DI INSTALLAZIONE

L'installazione avverrà come indicato nelle specifiche tecniche per la posa in opera, fornite dal produttore del giunto.

Nella fase di posa in opera dei dispositivi si dovrà, in particolare, verificare la complanarità dei piani di appoggio dei coprigiunti stessi. Qualora tali piani non fossero complanari gli stessi dovranno essere ripristinati soltanto con malte antiritiro premiscelate.

5.2.1 PROGETTO COSTRUTTIVO

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali e dei giunti, all'esame ed all'approvazione della D.L. il progetto d'officina, ovvero:

- a) elaborati costruttivi;
- b) una relazione recante evidenza delle modifiche tecniche eventualmente apportate rispetto al progetto esecutivo.

In particolare gli elaborati costruttivi saranno composti da:

- i disegni di officina;
- le specifiche tecniche;



L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti e dei certificati ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

5.3 PROVE E CONTROLLI

Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

5.3.1 CONTROLLI DOCUMENTALI

Controlli previsti nel presente capitolato.

Il Direttore Lavori dovrà verificare, in fase di accettazione, la presenza di specifiche tecniche di posa in opera, nonché, in fase di esecuzione, curare che l'installazione avvenga in coerenza con dette specifiche.

5.3.2 PROVE DOPO L'INSTALLAZIONE

Per verificare la funzionalità del giunto dopo l'installazione potranno essere effettuate delle prove di tenuta all'acqua.

Per quanto riguarda le modalità di esecuzione della prova, su ogni giunto dovranno essere irrorati 1000 litri di acqua nel tempo di 15 - 20 minuti avendo cura che questa venga distribuita uniformemente sull'intera lunghezza del coprigiunto.

La prova verrà considerata superata se al termine dell'irrorazione tutta l'acqua sarà defluita attraverso la scossalina e se nessuna perdita sarà stata rilevata sulle testate dell'impalcato.

Ogni prova, sia positiva che negativa, dovrà essere verbalizzata in contraddittorio indicando, per le eventuali prove negative, sia i difetti riscontrati che i loro punti di ubicazione.

5.4 MANUTENZIONE

Nella redazione del "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" si dovrà dare particolare attenzione ai seguenti aspetti, considerati peculiari per le strutture in parola.

- La Vita Utile;
- L'evoluzione temporale attesa della cinematica del giunto in conseguenza delle variazioni volumetriche differite del cls.



- Le specifiche per la sostituzione;
- L'entità del sollevamento differenziale ammissibile delle testate del varco per la sostituzione degli appoggi e la circostanza che tale sollevamento differenziale possa avvenire senza alcun danno e per qualsiasi ampiezza di funzionamento del varco ed in soggiacenza dell'esercizio stradale.

Come previsto dalla normativa vigente il Manuale di manutenzione deve prevedere anche la collocazione nell'intervento delle parti menzionate e la loro rappresentazione grafica.

5.5 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- Norme Tecniche per le costruzioni
- ETAG 032

5.6 **MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE**

Saranno contabilizzati con i relativi articoli di Elenco prezzi, che comprendono oltre alle forniture e lavorazioni ivi richiamate, tutti gli oneri e le prescrizioni delle presenti Norme.

L'unità di misura delle lavorazioni sarà riferita al ml di elementi posti in opera.



6 IMPERMEABILIZZAZIONI DELLA SOLETTA

6.1 CAPPА DI ASFALTO SINTETICO

Le superfici di conglomerato cementizio da impermeabilizzare dovranno essere stagionate e presentarsi sane e asciutte, esenti da oli, grassi e polvere, prive di residui di boiaccia (o di malta cementizia); prima dell'applicazione del mastice, si dovrà procedere pertanto ad una accurata pulizia dell'impalcato, mediante spazzolatura e successiva energica soffiatura con aria compressa.

L'impermeabilizzazione degli impalcati delle opere d'arte sarà realizzata mediante applicazione per colata di cappa di mastice di asfalto sintetico di spessore finito non inferiore a 10 mm.

6.1.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

6.1.1.1 Legante

Dovrà essere costituito da una miscela di bitume 40/50 Trinidad Epureè in rapporto di 5 a 1 in peso. In alternativa potranno essere usati, previa approvazione della Direzione Lavori, altri bitumi naturali (quali il Selenitza) o gomme termoplastiche, del tipo approvato dalla Direzione Lavori. I dosaggi di questi materiali saranno definiti da uno studio preliminare da presentare alla Direzione Lavori per la necessaria approvazione.

Il legante sarà dosato in ragione del 15% - 19% in peso sulla miscela degli inerti (corrispondenti al 13% - 16% in peso sulla miscela finale), compreso il bitume contenuto nel filler asfaltico.

Il bitume 40/50 dovrà avere un indice di penetrazione (IP) compreso tra $-0,5 < IP < +0,5$ calcolato secondo la formula:

$$IP = \frac{20u - 500v}{u + 50v}$$

in cui:

- $v = \log 800 - \log$ penetrazione a 25 C
- $u =$ temperatura di P. e A. in C detratti 25 c

6.1.1.2 Filler

Dovrà essere passante totalmente al setaccio 0,18 UNI e per il 90% al setaccio UNI 0,075.

Il suo potere stabilizzante dovrà essere tale che la miscela di bitume 40/50 e filler, nel rapporto in peso di 1 a 2, dovrà avere un punto di rammollimento P. e A. di almeno 15 C superiore a quello del bitume puro.

6.1.1.3 Sabbia



Dovrà essere totalmente passante al setaccio 2,5 mm UNI, pulita ed esente da materiali estranei, naturale e/o di frantumazione, di granulometria ben graduata da 0,075 a 2,5 mm (sarà tollerato al massimo un 5% in peso passante al setaccio 0,075 mm UNI), contenuta per il 65-70% in peso sulla miscela degli inerti.

6.1.1.4 Miscela finale

La parte lapidea della miscela (sabbia + filler) dovrà avere una percentuale di vuoti (V) compresa tra 18 e 23%.

Il legante totale dovrà saturare tutti gli spazi vuoti, garantendo inoltre un'eccedenza compresa tra il 7% ed il 10% ($V_b - V = 7 - 10$ in cui V_b è la percentuale in volume del legante sulla miscela finale).

Il mastice completo, confezionato nel rispetto delle indicazioni sopra esposte, dovrà avere nelle prove di laboratorio un punto di rammollimento alla prova WILHELMI (Norma DIN 1966) compreso tra 100 e 115 C.

Alla stessa prova il mastice prelevato al confezionamento o alla stesa dovrà presentare valori tra 100 e 130 C.

L'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori, prima dell'inizio dei lavori, per la necessaria approvazione, la composizione prevista per il mastice e la curva granulometrica delle sabbie nonché campioni del rapporto finito e dei materiali componenti compresi i primer di attacco, in modo che su di essi possano essere effettuate preventivamente tutte le prove eventualmente richieste dalla Direzione lavori.

Nelle lavorazioni si dovranno riscontrare gli stessi materiali e le stesse composizioni di cui ai campioni di prova, con le sole variazioni prevedibili con l'uso di un adeguato processo di produzione su scala reale e comunque rientranti in tutti i limiti espressi in precedenza.

6.1.2 MODALITÀ DI APPLICAZIONE

La confezione del mastice di asfalto colato verrà eseguita con idonei impianti di mescolamento fissi o mobili, approvati dalla Direzione Lavori, di potenzialità adeguata all'entità del lavoro da eseguire.

Tassativamente, si prescrive che il dosaggio del legante, del filler e delle sabbie deve essere fatto a peso.

La scelta delle procedure di messa in opera sarà sottoposta alla preventiva autorizzazione della Direzione Lavori; in ogni caso, occorre che le apparecchiature di riscaldamento siano tali da evitare il contatto diretto di fiamme o gas caldi con i bitumi ed il filler, per non dar luogo ad eccessivi indurimenti o bruciature dei medesimi.



La miscela posta in opera dovrà essere costituita da uno strato continuo e uniforme su tutta la superficie, con spessore minimo di 10 mm e max di 14 mm, da verificare mediante prelievo di campioni.

Il manto finale dovrà avere una resistenza meccanica tale che, se sottoposta al transito temporaneo degli automezzi gommati di cantiere, non si verifichino schiacciamenti, fessurazioni o abrasioni sul manto.

Dopo la pulizia dell'estradosso di soletta seguirà la stesa di un idoneo primer costituito da idonee miscele bituminose spruzzate a caldo. Tali miscele dovranno avere elevato potere adesivo rispetto ai normali bitumi ed un ritardo dell'evaporazione del solvente, ciò al fine di avere una buona facilità di stesa del primer ed una sua elevata penetrazione nella soletta.

Le quantità da stendere saranno di norma di 0,5-0,7 Kg/m².

Sul primer verrà posto in opera, dopo evaporizzazione dell'acqua o del solvente, il mastice di asfalto, mediante colamento del materiale a temperatura di 200 C (± 10 C); la sua distribuzione ed il livellamento saranno eseguiti con frattazzi di legno.

Per stese di una certa estensione l'applicazione può essere eseguita a macchina con finitrici particolarmente studiate ed attrezzate, sottoposte a preventiva approvazione della Direzione Lavori.

La posa in opera del mastice non verrà effettuata quando, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, le condizioni meteorologiche siano tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 8 C.

Il mastice di asfalto deve essere steso, per quanto possibile, in uno strato regolare di spessore costante, in modo che tutte le irregolarità della soletta che si riproducono sulla cappa impermeabilizzante, siano portate a livello.

Sulla parete interna dei cordoli (per tutta l'altezza) dovrà essere estesa a caldo, previa mano di primer di ancoraggio, una porzione di ridotto spessore del mastice.

I bocchettoni in corrispondenza dei fori di scarico per i pluviali dovranno essere fissati a livello della soletta in calcestruzzo con stucchi epossidici ed il mastice di asfalto dovrà giungere fino al bordo del foro, coprendo così i risvolti del bocchettone stesso.

Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei calcestruzzi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la Direzione Lavori prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso.

Si dovrà avere cura che la temperatura dello strato bituminoso, a contatto del manto impermeabile, all'atto della stesa, non sia inferiore a 140 C.

6.1.3 PROVE E CONTROLLI



Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

6.1.3.1 Controlli documentali

Controlli previsti nel presente capitolato.

Il Direttore Lavori dovrà verificare, in fase di accettazione, la presenza di specifiche tecniche approvate di posa in opera. Dovrà altresì verificare le certificazioni per i materiali impiegati.

6.1.3.2 Prove in sito

Il Direttore Lavori dovrà, in fase di esecuzione, verificare che l'installazione avvenga in coerenza con le specifiche tecniche approvate di posa in opera.

Prove di verifica degli spessori mediante carotaggi, di verifica della composizione delle miscele e della qualità dei materiali potranno essere richieste.

6.2 MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE CONTINUO REALIZZATO IN OPERA CON BITUME MODIFICATO CON ELASTOMERI ED ARMATO CON TESSUTO NON TESSUTO

Le superfici di conglomerato cementizio da impermeabilizzare dovranno essere stagionate e presentarsi sane e asciutte, esenti da oli, grassi e polvere, prive di residui di boiaccia (o di malta cementizia); prima dell'applicazione del mastice, si dovrà procedere pertanto ad una accurata pulizia dell'impalcato, mediante spazzolatura e successiva energica soffiatura con aria compressa. Le superfici da impermeabilizzare dovranno essere lisce, coerenti, esenti da asperità o avvallamenti. Dovranno essere garantiti valori di planarità a $2\text{ m} \leq 10\text{ mm}$, a $0,2\text{ m} \leq 3\text{ mm}$ e di rugosità e dislivello $\leq 3\text{ mm}$.

6.2.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

6.2.1.1 Primer

Sarà del tipo indicato come "Bitumi modificati per mani d'attacco - soft" nel Capitolato dedicato alle Pavimentazioni stradali/autostradali

6.2.1.2 Legante

Sarà del tipo indicato come "Bitumi modificati con aggiunta di polimeri" nel Capitolato dedicato alle Pavimentazioni stradali/autostradali

6.2.1.3 Armatura



Sarà costituita da tessuto non tessuto in poliestere o polipropilene coesionato mediante agugliatura meccanica, calandrato e stabilizzato ai raggi UV. Le caratteristiche del tessuto dovranno essere:

- peso del tessuto non tessuto: 150-200 gr/m²;
- resistenza alla rottura per trazione e allungamento a rottura, a 20°C non inferiore a: 400N (ASTM-D1682);
- allungamento a rottura : 5,5% (ASTM-D 1682),
- perfetta adesione ed impregnabilità con le masse bituminose

6.2.2 MODALITÀ DI APPLICAZIONE

Si provvederà, al fine di garantire una perfetta adesione tra manto impermeabile e supporto in cls, alla stesa del primer applicato mediante spruzzo "airless".

Sulla superficie così pretrattata verrà steso il primo strato di legante per uno spessore non inferiore a 2mm.

L'armatura sarà immediatamente disposta sopra il legante curando la perfetta adesione con il legante in ogni punto ponendo particolare attenzione alla adesione nelle zone di sormonto.

Verrà quindi il secondo strato di legante per uno spessore non inferiore a 2mm.

La posa in opera del primer o del legante non verrà effettuata quando, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, le condizioni meteorologiche siano tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 8 C.

Il legante deve essere steso, per quanto possibile, in uno strato regolare di spessore costante, in modo che tutte le irregolarità della soletta che si riproducono sulla cappa impermeabilizzante, siano portate a livello.

Sulla parete interna dei cordoli (per tutta l'altezza) dovrà essere esteso, previa mano di primer di ancoraggio, il primo strato di legante.

I bocchettoni in corrispondenza dei fori di scarico per i pluviali dovranno essere fissati a livello della soletta in calcestruzzo con stucchi epossidici ed il legante dovrà giungere fino al bordo del foro, coprendo così i risvolti del bocchettone stesso.

Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei calcestruzzi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la Direzione Lavori prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso.



L'impermeabilizzazione dovrà avere una resistenza meccanica tale che, se sottoposta al transito temporaneo degli automezzi gommati di cantiere, non si verifichino schiacciamenti, fessurazioni o abrasioni sul manto.

Si dovrà avere cura che la temperatura dello strato bituminoso, a contatto del manto impermeabile, all'atto della stesa, non sia inferiore a 140 C.

6.2.3 PROVE E CONTROLLI

Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

6.2.3.1 Controlli documentali

Controlli previsti nel presente capitolato.

Il Direttore Lavori dovrà verificare, in fase di accettazione, la presenza di specifiche tecniche approvate di posa in opera. Dovrà altresì verificare le certificazioni per i materiali impiegati.

6.2.3.2 Prove in sito

Il Direttore Lavori dovrà, in fase di esecuzione, verificare che l'installazione avvenga in coerenza con le specifiche tecniche approvate di posa in opera.

Prove di verifica degli spessori mediante carotaggi, di verifica della composizione delle miscele e della qualità dei materiali potranno essere altresì richieste.

Potranno essere eseguite prove le prove di adesione descritte nella sezione dedicata alle guaine bituminose preformate ed armate.

6.3 MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE REALIZZATO CON GUAINES BITUMINOSE PREFORMATE ED ARMATE

Le superfici di conglomerato cementizio da impermeabilizzare dovranno essere stagionate e presentarsi sane e asciutte, esenti da oli, grassi e polvere, prive di residui di boiaccia (o di malta cementizia); prima dell'applicazione del mastice, si dovrà procedere pertanto ad una accurata pulizia dell'impalcato, mediante spazzolatura e successiva energica soffiatura con aria compressa. Le superfici da impermeabilizzare dovranno essere lisce, coerenti, esenti da asperità o avallamenti. Dovranno essere garantiti valori di planarità a $2\text{ m} \leq 10\text{ mm}$, a $0,2\text{ m} \leq 3\text{ mm}$ e di rugosità e dislivello $\leq 3\text{ mm}$.

La superficie da impermeabilizzare avrà minimo 2 settimane di stagionatura e si presenterà asciutto al tatto. In ogni caso, prima di procedere alla posa del manto impermeabile, l'Appaltatore sarà tenuto a verificare l'effettiva asciugatura del supporto mediante il seguente metodo:



- Posare a secco un pezzo di membrana bituminosa (dim. min. 50x50 cm) sul supporto per un'intera notte (in assenza di precipitazioni).
- Il mattino successivo verificare che la faccia inferiore della membrana bituminosa sia asciutta; in tal caso si potrà procedere con le opere di impermeabilizzazione. La presenza di umidità sulla faccia inferiore della membrana, a fronte di tale verifica, è sintomatica di una non totale asciugatura del supporto e comporta un'ulteriore attesa in vista di una nuova verifica.

6.3.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

6.3.1.1 Primer bituminoso

Vernice di impregnazione bituminosa a freddo, costituita da bitume di petrolio in solventi idrocarburi.

Questa vernice di impregnazione è concepita per migliorare l'aderenza delle membrane e dei prodotti di impermeabilizzazione a base di bitume su supporti porosi o assorbenti.

SCHEDA TECNICA CON CARATTERISTICHE MINIME DA GARANTIRE:

Massa volumica	0,90 kg/l
Residuo secco	55 %
Punto di infiammabilità Pensky Martens	35 °C

6.3.1.2 Membrana impermeabile bituminosa per strutture carrabili, con doppia armatura in velo di vetro e TNT di poliestere

Membrana impermeabile, spessore 5 mm, ottenuta da impregnazione di un non-tessuto di poliestere e di un velo di vetro, per mezzo di una miscela di bitume specifico, di poliolefine atattiche termoplastiche nobili (TPO) e di un sistema di ignifugazione senza alogeni.

All'interno della membrana, le armature sono decentrate verso la metà superiore rispetto al piano mediano. Il velo di vetro è diviso dal non-tessuto di poliestere e la sua presenza è visibile sulla faccia superiore della membrana.

Il sistema di gestione della produzione e del controllo della membrana sarà certificato ISO 9001.

SCHEDA TECNICA CON CARATTERISTICHE MINIME DA GARANTIRE:

Spessore EN 1849-1	5 mm
Stabilità di forma a caldo EN 1110	≥ 140°C
Flessibilità alla produzione EN 1109	-20 °C



Resistenza a trazione longitudinale EN 12311-1	1200 N/5 cm
Resistenza a trazione trasversale EN 12311-1	1200 N/5 cm
Allungamento a rottura longitudinale EN 12311-1	50 %
Allungamento a rottura trasversale EN 12311-1	50 %
Stabilità dimensionale EN 1107-1	≤ 0,20 %
Resistenza alla lacerazione EN 12310-1	250 N
Resistenza all'urto EN 12691 (B)	≥ 2000 mm
Resistenza al punzonamento statico EN 12730 (A)	≥ 25 Kg
Reazione al fuoco EN 13501-1	Classe E

6.3.1.3 Resina liquida impermeabilizzante per risvolti verticali sui cordoli

Resina impermeabilizzante bicomponente, pigmentata, a base di polimetilmetacrilato (PMMA) armata con tessuto non tessuto speciale da 110 g/m², flessibile alle basse temperature, permeabile al vapore, resistente agli agenti atmosferici (UV, IR, ecc.), elastica e resistente alle sollecitazioni meccaniche e all'usura.

Il prodotto garantisce una ottima aderenza su supporti di varia natura e sarà utilizzato per i risvolti verticali del sistema impermeabile.

Durante l'esecuzione la temperatura superficiale deve essere almeno di 3 °C superiore al punto di rugiada e sempre compresa fra -5°C e +40°C; la temperatura del supporto deve essere compresa fra -5°C e +50°C.

I dosaggi di miscelazione saranno indicati nella scheda del produttore in funzione della temperatura dell'aria.

SCHEDA TECNICA CON CARATTERISTICHE MINIME DA GARANTIRE:

Densità	1,30 – 1,35 g / cm ³
Viscosità	38 – 42 dPa * s
Resistenza al calore	250 C°

6.3.2 MODALITÀ DI APPLICAZIONE



I fori destinati ad accogliere i bocchettoni di scarico dovranno presentare un incavo profondo $1,5 \div 2$ cm per evitare che lo spessore della flangia del bocchettone e degli strati impermeabilizzanti determinino un rialzo attorno al foro con conseguente ristagno d'acqua.

Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei calcestruzzi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la Direzione Lavori prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso.

L'impermeabilizzazione dovrà avere una resistenza meccanica tale che, se sottoposta al transito temporaneo degli automezzi gommati di cantiere, non si verifichino schiacciamenti, fessurazioni o abrasioni sul manto.

Si dovrà avere cura che la temperatura dello strato bituminoso, a contatto del manto impermeabile, all'atto della stesa, sia compresa tra 160 C e 180 C.

6.3.2.1 Disposizione dei teli

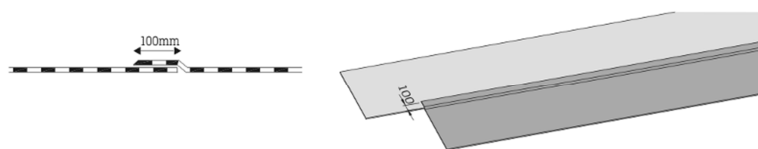
Prima della posa i rotoli vanno svolti e allineati per predisporre le sovrapposizioni. Successivamente i fogli vanno riavvolti per procedere con la messa in opera a fiamma. Le sormonte di testa dei fogli impermeabili non dovranno essere disposte lungo un'unica linea, ma sempre alternate. I teli dovranno prevedere le sormonte a "favore d'acqua" o a "tegola", cioè sovrapponendoli partendo sempre dagli scarichi o dagli impluvi.

6.3.2.2 Sormonte laterali e di testa

Laterali: sono le giunzioni che corrono nel senso della lunghezza dei fogli. Devono sempre essere saldati con bruciatore di sicurezza, su tutta la loro larghezza di 10 cm, ed essere pressati con un rullo di ± 15 kg che garantisca la continuità della saldatura. Una piccola quantità di bitume deve uscire dal giunto di sormonto. Il cordolo di bitume può essere smussato con la punta della cazzuola scaldata.

Di testa: si riferiscono alla giunzione del lato più corto del telo. Anche questo è un punto da curare con attenzione. Devono sempre essere saldati con bruciatore di sicurezza, su tutta la loro larghezza di 15 cm, ed essere pressati con un rullo di ± 15 kg che garantisca la continuità della saldatura. Una piccola quantità di bitume deve uscire dal

giunto di sormonto. Il cordolo di bitume può essere smussato con la punta della cazzuola scaldata.





6.3.2.3 Applicazione

Prima di procedere alla posa del manto impermeabile si provvederà a stendere sul supporto un primer di impregnazione bituminoso in ragione di 150-200 gr/m², per mezzo di pistola airless o rullo. Le mancanze saranno riprese e gli accumuli in eccesso scartati. Il lavoro sarà interrotto in caso di pioggia. Tempo di asciugatura: dalle 3 alle 24 ore (per permettere l'evaporazione dei solventi contenuti nella vernice) in funzione delle condizioni climatiche e del supporto. La membrana sarà applicata solo dopo la completa essiccazione del primer.

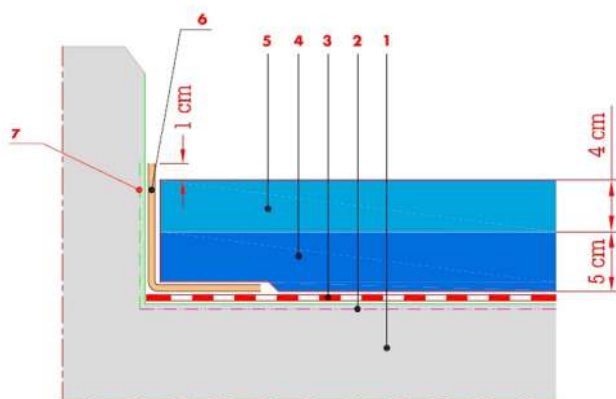
Il collegamento della membrana al piano di posa è eseguito a fiamma; la sfiammatura della miscela dei rotoli, con fiamma di un bruciatore a gas propano, dovrà interessare contemporaneamente sia la membrana che il supporto di posa, con prevalenza sul rotolo. Man mano che si procede con il riscaldamento, si annerisce la faccia talcata/sabbiata fino ad assumere un aspetto lucido, a questo punto la membrana sarà pronta per essere svolta e fatta aderire al supporto. In ogni caso dovranno essere rispettati i valori di resistenza ad estrazione di progetto, fra piano di posa e membrana.

La messa in opera dei teli impermeabili potrà anche essere di tipo meccanico, ovvero utilizzando un sistema di posa semi-automatico costituito da macchinari in grado di garantire i valori di resistenza ad estrazione di progetto. In ogni caso i dettagli di raccordo con i risvolti verticali dei cordoli dovranno essere realizzati manualmente.

6.3.2.4 Risvolti verticali

I risvolti verticali del sistema impermeabile saranno realizzati con materiali a freddo di tipo liquido quali resine bi-componenti in polimetilmetacrilato (PMMA).

La posa della resina prevede l'applicazione preventiva di idoneo primer sulle superfici da trattare. Successivamente applicare una mano abbondante di prodotto sull'area da trattare, posare l'armatura in tessuto non tessuto sulla resina fresca assicurandosi che non rimangano bolle d'aria e che il tessuto sia completamente saturo, in seguito ricoprire il tessuto con una seconda mano di resina.



1. Supporto
2. Vernice di impregnazione bituminosa
3. Elemento di tenuta impermeabile ad elevata resistenza meccanica, spessore 5 mm, per applicazioni sotto pavimentazioni carrabili
4. Conglomerato bituminoso



5. *Tappeto di usura*
6. *Impermeabilizzazione con resina bi-componente a base di PMMA, con interposta armatura in Tessuto Non Tessuto, spessore totale 3 mm*
7. *Vernice di impregnazione per risvolto verticale in resina PMMA, da apporre prima dell'applicazione dell'elemento 6*

6.3.3 PROVE E CONTROLLI

Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

6.3.3.1 Controlli documentali

Controlli previsti nel presente capitolato.

Il Direttore Lavori dovrà verificare, in fase di accettazione, la presenza di specifiche tecniche approvate di posa in opera. Dovrà altresì verificare le certificazioni per i materiali impiegati.

6.3.3.2 Prove in sito

Il Direttore Lavori dovrà, in fase di esecuzione, verificare che l'installazione avvenga in coerenza con le specifiche tecniche approvate di posa in opera.

Prove di verifica degli spessori mediante carotaggi, di verifica della composizione delle miscele e della qualità dei materiali potranno essere altresì richieste.

Al fine di verificare la corretta adesione della guaina al cls, la Direzione Lavori dovrà ordinare prove di adesione eseguite sul manto impermeabile prima della stesa del binder. Le prove saranno effettuate in presenza della DL.

Le prove saranno eseguite in ragione di almeno una ogni 4 campate a scelta della Direzione Lavori (con un minimo di una prova per opere con meno di 4 campate).

La prova consiste nello strappo di 6 piastrine metalliche di diametro compreso tra 5,00 e 10,00cm. Le piastrine saranno incollate in punti scelti dalla Direzione Lavori e ubicati su un reticolo cartesiano di lato non inferiore a 200cm. L'adesione delle piastrine al manto sarà ottenuta a mezzo di resine epossidiche, previa accurata pulizia del manto e sabbatura della piastrina. Il manto sarà tagliato lungo la circonferenza delle piastrine dopo la presa del collante e prima dell'esecuzione della prova.

La prova avrà esito positivo se:

- ogni punto di prova avrà adesioni superiori a 0,80 kg/cm².
- il valor medio di tutte le prove dovrà essere superiore a 1,00 kg/cm².



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.17 - Rev.1.0
Opere d'arte maggiori Ponti e viadotti

In caso di fallimento della prova sarà richiesto di ripetere una seconda prova. Se anche la seconda prova risultasse non superata, si procederà alla demolizione e rifacimento dell'impermeabilizzazione per la campata in esame e si ripeteranno le prove per le campate adiacenti non investigate con le stesse modalità di accettazione.

Al termine della prova le aree distaccate dovranno essere ripristinate con colata di asfalto fino all'estradosso della guaina e successivamente con un rappezzo di guaina 40x40cm applicata a caldo.

6.4 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Normative di prodotto elencate all'interno del capitolato.

6.5 **MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE**

Le impermeabilizzazioni di impalcati saranno computate per la loro superficie effettiva, che dovrà essere conforme alle previsioni di progetto.



7 SISTEMI DI RACCOLTA ACQUA DI PIATTAFORMA

7.1 CARATTERISTICHE

Il sistema di smaltimento delle acque consiste in una serie di caditoie (o pluviali), dove si definisce come caditoia l'insieme del bocchettone di collegamento all'opera, del tubo di allontanamento acque e della griglia di protezione.

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio potrà richiedere caditoie in integrazione al numero indicato in progetto.

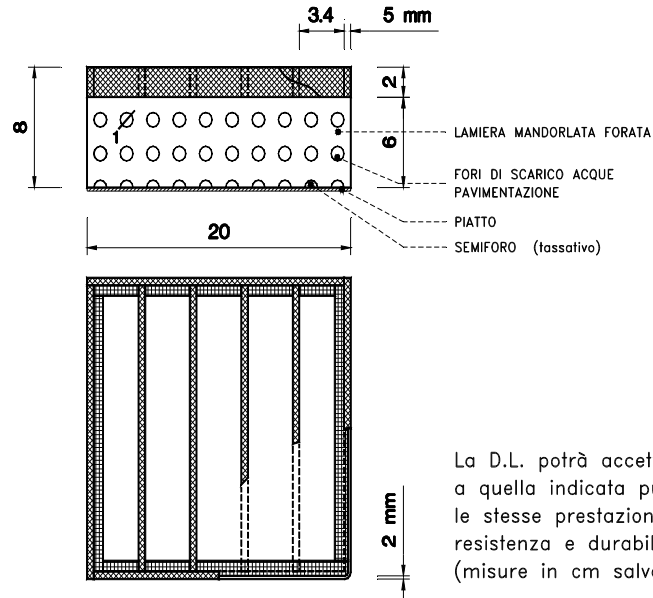
Ogni bocchettone dovrà essere costituito da una parte tubolare eduttiva, saldata in pezzo unico ad una piastra direttamente poggiata in un incavo predisposto dell'estradosso della soletta, regolarmente stuccata con stucchi epossidici, al di sopra della quale è distesa la impermeabilizzazione e, successivamente, la pavimentazione stradale contenuta da griglie in acciaio zincato (si vedano alcuni dettagli tipologici nelle seguenti figure).

Le caditoie dovranno essere, salvo diversa indicazione prevista nel progetto esecutivo, posizionate fuori della piattaforma stradale, all'interno di riseghe appositamente praticate nel codolo o nel marciapiede di servizio (vedi figura successiva).

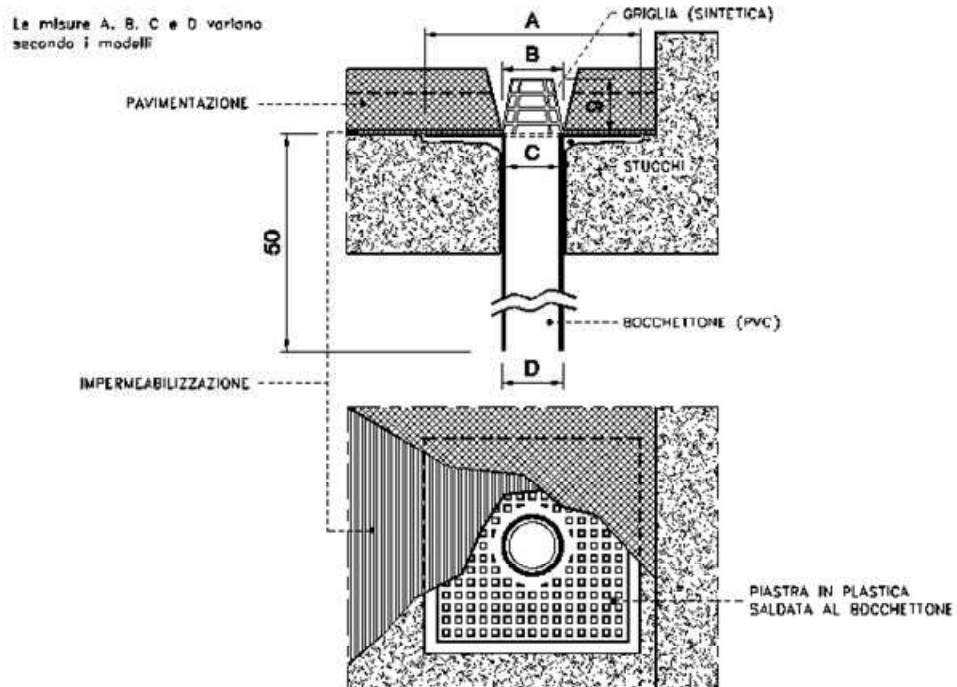
La sezione libera di deflusso dei bocchettoni dovrà essere dimensionata sulla base delle verifiche idrauliche e comunque mai inferiore a 78cm².

In corrispondenza dei giunti di sezioni contigue di impalcato o tra l'impalcato e la spalla mobile le tubazioni dovranno permettere, senza danneggiarsi, il movimento delle strutture per tutte le azioni permanenti e variabili e per il sisma SLO.

Le tubazioni non potranno essere alloggiare all'interno di cassoncini o in generale all'interno di strutture chiuse in cui sia impedito l'ingresso di personale addetto alle eventuali riparazioni delle stesse.



Griglia di scarico dei pluviali in acciaio zincato



Griglia di scarico dei pluviali in materiale sintetico



Le caditoie dovranno essere, salvo diversa indicazione prevista nel progetto esecutivo, posizionate fuori della piattaforma stradale, all'interno di riseghe appositamente praticate nel codolo o nel marciapiede di servizio (vedi figura successiva).

La sezione libera di deflusso dei discendenti verticali dovrà essere dimensionata sulla base delle verifiche idrauliche e comunque mai inferiore a 78cm² (DN100).

In corrispondenza dei giunti di sezioni contigue di impalcato o tra l'impalcato e la spalla mobile le tubazioni dovranno permettere, senza danneggiarsi, il movimento delle strutture per tutte le azioni permanenti e variabili e per il sisma SLO.

Le tubazioni non potranno essere alloggiare all'interno di cassoncini o in generale all'interno di strutture chiuse in cui sia impedito l'ingresso di personale addetto alle eventuali riparazioni delle stesse.

Il tubo di eduazione dovrà sporgere dall'intradosso della soletta di almeno 15 cm e ad esso dovrà essere infilato ed incollato un tubo verticale in PVC tipo 302 di almeno 3.0 mm di spessore (o di acciaio zincato, secondo le indicazioni progettuali), discendente in ogni caso almeno per 30 cm al di sotto del bordo del bulbo inferiore delle travi longitudinali, sempre facendo in modo che non si abbia stillicidio su eventuali strutture sottostanti (pulvini, pile, ecc.).

Nel caso di attraversamento di zone urbane, oltre che in tutti quei casi indicati nel progetto esecutivo, è prescritto che i tubi di cui sopra proseguano fino a terra attraverso una linea di collettamento orizzontale e discendenti ubicati sulle pile/spalle e siano eventualmente immessi in un sistema di trattamento acque.

Detti tubi saranno collegati all'opera con collari e zanche di acciaio inossidabile; il tubo non dovrà scorrere dentro al collare, ciò si otterrà con guarnizioni in neoprene o altri accorgimenti.

7.2 PROVE E CONTROLLI

Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

7.3 MANUTENZIONE

Si dovrà prevedere l'ispezione periodica del sistema idraulico e la pulizia delle caditoie intasate, laddove individuate intasate.



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.17 - Rev.1.0
Opere d'arte maggiori Ponti e viadotti

7.4 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

Saranno contabilizzati con i relativi articoli di Elenco prezzi, che comprendono oltre alle forniture e lavorazioni ivi richiamate, tutti gli oneri e le prescrizioni delle presenti Norme.



8 APPENDICE A – TEMPERATURE MASSIME E MINIME PER LA PROGETTAZIONE DEI PONTI

Le temperature di riferimento per la progettazione dei ponti e viadotti in Italia può essere ricavata con maggiore precisione rispetto ai dati forniti dall'Eurocodice.

A tale scopo, in mancanza di adeguate indagini statistiche basate su dati specifici relativi al sito in esame, si dovrà fare riferimento al lavoro: "Mappe delle temperature estreme dell'aria in Italia per la stima delle azioni termiche nei ponti secondo l'Eurocodice 1"; estratto dal Giornale del Genio Civile, fascicoli 4-5-6, aprile-maggio-giugno 1994; autori Maurizio Froli, Riccardo Barsotti, Angelo Libertà, Luigi Perini.

Di seguito viene riportata una sintesi di tale lavoro, finalizzata agli scopi del presente documento.

La temperatura dell'aria esterna, T_{ext} , può assumere il valore T_{max} o T_{min} , definite rispettivamente come temperatura massima estiva e minima invernale dell'aria nel sito della costruzione, con riferimento ad un periodo di ritorno di 50 anni.

In mancanza di adeguate indagini statistiche basate su dati specifici relativi al sito in esame, T_{max} o T_{min} saranno calcolate in base alle espressioni riportate nel seguito, per le varie zone indicate nella figura seguente. Tale zonazione non tiene conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, dovranno essere definiti singolarmente.

Nelle espressioni seguenti, T_{max} o T_{min} sono espressi in °C; l'altitudine di riferimento " a_s " (espressa in m) è la quota dell'impalcato sul livello del mare nel sito dove è realizzata l'opera.

Zona I

Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Emilia Romagna:

- $T_{min} = -15 - 4 \cdot a_s / 1000$
- $T_{max} = 42 - 6 \cdot a_s / 1000$

Zona II

Liguria, Toscana, Umbria, Lazio, Sardegna, Campania, Basilicata:

- $T_{min} = -8 - 6 \cdot a_s / 1000$
- $T_{max} = 42 - 2 \cdot a_s / 1000$

Zona III

Marche, Abruzzo, Molise, Puglia:

- $T_{min} = -8 - 7 \cdot a_s / 1000$
- $T_{max} = 42 - 0.3 \cdot a_s / 1000$



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.17 - Rev.1.0
Opere d'arte maggiori Ponti e viadotti

Zona IV

Calabria, Sicilia:

- $T_{\min} = -2 - 9 \cdot a_s / 1000$
- $T_{\max} = 42 - 2 \cdot a_s / 1000$



Anas S.p.A.
Via Monzambano, 10 - 00185 Roma
www.stradeanas.it



Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto **Parte 2**

IT.PRL.05.19- Rev. 1.0

Opere d'arte minori
Opere accessorie di difesa
del corpo stradale

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.19 - Rev.1.0
Opere d'arte minori Opere accessorie di difesa del corpo stradale

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



PREMESSA	8
1 CLASSIFICAZIONE E CARATTERISTICHE TECNICHE	8
1.1 OPERE DI PROTEZIONE DEL CORPO STRADALE DALLA CADUTA MASSI	8
1.1.1 Ispezione delle pareti rocciose e Disgaggio	8
1.1.2 Demolizioni di volumi rocciosi in equilibrio precario	9
1.1.3 Sistemi di rivestimento delle pareti e scarpate	9
1.1.3.1 Rivestimento di scarpate in roccia con rete metallica	10
1.1.3.2 Rivestimento di scarpate o pareti rocciose con pannelli di rete in funi di acciaio	11
1.1.3.3 Realizzazione del reticolo di contenimento in fune	11
1.1.3.4 Imbragaggio di grossi volumi rocciosi instabili	11
1.1.3.5 Rivestimento mediante impiego di calcestruzzo spruzzato	12
1.1.4 Barriere paramassi ad assorbimento di energia	12
1.1.5 Sistema di ancoraggi	13
1.1.6 Rilevati per il contenimento dei massi	14
1.1.6.1 Rilevati propriamente detti	14
1.1.6.2 Rilevati in terra rinforzata	14
1.1.6.3 Elementi per il rinforzo dei rilevati per il contenimento dei massi	14
1.2 GABBIONATE	15
1.2.1 Gabbioni metallici	15
1.3 OPERE DI SOSTEGNO	16
1.3.1 Opere di sostegno a gravità	16
1.3.1.1 Muri in muratura	16
1.3.1.2 Muri in gabbioni	16
1.3.1.3 Muri cellulari o a cassone	17
Strutture di sostegno a scomparti cellulari	17
Muri di sostegno a gravità con elementi prefabbricati scatolari	17
1.3.1.4 Strutture di contenimento in elementi scatolari prefabbricati	17
1.3.2 Opere di sostegno in c.a.	18
1.3.2.1 Muri a mensola	18
1.3.2.2 Muri di sostegno in pannelli di c.a.v.	18
1.3.3 Opera di sostegno in terra rinforzata	19



1.3.3.1	Struttura di sostegno in terra rinforzata in materiale sintetico e con rete in acciaio con paramento rinverdibile	19
1.3.3.2	Struttura di sostegno in terra rinforzata con paramento in pannelli prefabbricati in cls o paramento rinverdibile	20
1.4	OPERE DI DIFESA SPONDALE	21
1.4.1	Prismi in conglomerato cementizio	21
1.4.2	Massi di roccia	21
1.4.3	Materassi in pietrame	22
1.4.4	Soglie di fondo	22
1.5	MANUFATTI PER LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE DAL CORPO STRADALE	23
1.5.1	Tubazioni	23
1.5.1.1	Tubazioni in calcestruzzo cementizio vibrato	23
1.5.1.2	Tubazioni in grès	24
1.5.1.3	Tubazioni in PVC rigido	24
1.5.1.4	Tubazioni in polietilene (PEAD) corrugate	24
1.5.1.5	Tubazioni in polipropilene corrugate	25
1.5.1.6	Tubazioni in polietilene (PE) spiralato con profili metallici	25
1.5.1.7	Tubazioni in polietilene (PEAD) spiralato	26
1.5.2	Pozzetti e chiusini	26
1.5.3	Canalette	27
1.5.3.1	Canalette in acciaio	27
1.5.3.2	Canalette ad embrici	27
1.5.4	Rivestimenti per cunette e fossi di guardia	27
1.5.4.1	Rivestimenti con elementi prefabbricati in conglomerato cementizio vibrato	28
1.5.4.2	Rivestimenti in conglomerato cementizio gettato in opera	28
1.5.4.3	Rivestimenti in muratura di pietrame	28
1.5.5	Cordonature	29
1.6	MANUFATTI LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA	29
1.6.1	Manufatti tubolari in lamiera d'acciaio ondulata a piastre multiple	29
1.6.2	Manufatti tubolari in lamiera d'acciaio ondulata a giunzione continua perforati	31
2	ACCETTAZIONE E CONTROLLI	32



2.1	<u>OPERE DI PROTEZIONE DEL CORPO STRADALE DALLA CADUTA MASSI</u>	<u>33</u>
2.1.1	Disgaggi e demolizioni di massi e volumi di roccia pericolosi	33
2.1.2	Rivestimento di scarpate in roccia con rete metallica	34
2.1.3	Rivestimento di scarpate o pareti rocciose con pannelli di rete in funi di acciaio e realizzazione del reticolo di contenimento in fune	34
2.1.4	Rivestimento mediante impiego di calcestruzzo spruzzato	35
2.1.5	Barriere paramassi	35
2.1.6	Rilevati per il contenimento dei massi	36
2.1.6.1	Elementi per il rinforzo dei rilevati per il contenimento dei massi	36
2.1.6.2	Geogriglie in fibra sintetica	37
2.2	<u>GABBIONATE</u>	<u>37</u>
2.3	<u>MURI DI SOSTEGNO</u>	<u>39</u>
2.3.1	Muri di sostegno in muratura	39
2.3.2	Muri di sostegno in calcestruzzo	39
2.3.3	Muri di sostegno in elementi prefabbricati (c.a.v. e c.a.p.)	39
2.3.4	Opere di sostegno in terra rinforzata	40
2.4	<u>OPERE DI DIFESA SPONDALE</u>	<u>40</u>
2.4.1	Opere in pietrame: controlli dei massi e loro posizionamento	40
2.4.1.1	Prismi in conglomerato cementizio	41
2.5	<u>MANUFATTI PER LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE DAL CORPO STRADALE</u>	<u>42</u>
2.5.1	Tubazioni	42
2.5.2	Cunette	43
2.6	<u>MANUFATTI IN LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA</u>	<u>44</u>
2.7	<u>LABORATORI ACCREDITATI</u>	<u>45</u>
3	<u>MODALITÀ DI ESECUZIONE</u>	<u>45</u>
3.1	<u>DISGAGGIO</u>	<u>45</u>
3.2	<u>DEMOLIZIONI DI VOLUMI ROCCIOSI IN EQUILIBRIO PRECARIO</u>	<u>46</u>
3.2.1	Demolizioni con l'impiego di attrezzature idrauliche	46
3.2.2	Demolizioni con l'impiego di agenti chimici non esplosivi	47
3.2.3	Demolizioni con l'impiego di esplosivi	47
3.3	<u>PERFORAZIONE</u>	<u>48</u>
3.4	<u>SISTEMI DI RIVESTIMENTO DELLE SCARPATE</u>	<u>49</u>
3.4.1	Rivestimento di scarpate in roccia con rete metallica	49



3.4.2	Rivestimento di scarpate o pareti rocciose con pannelli di rete in funi di acciaio	50
3.4.3	Realizzazione del reticolo di contenimento in fune	51
3.4.4	Imbragaggio di grossi volumi rocciosi instabili	52
3.4.5	Rivestimento mediante impiego di calcestruzzo spruzzato	53
3.5	BARRIERE DI CONTENIMENTO MASSI	55
3.5.1	Rilevati per il contenimento dei massi	55
3.5.1.1	Modalità di costruzione del rilevato	55
3.5.1.2	Elementi per il rinforzo dei rilevati per il contenimento dei massi	56
3.6	GABBIONATE	56
3.7	OPERE DI SOSTEGNO	56
3.7.1	Muri in gabbioni	56
3.7.2	Muri di sostegno in pannelli di c.a.v.	57
3.7.3	In terra rinforzata	57
3.7.4	Strutture di sostegno a scomparti cellulari	57
3.7.5	Strutture di contenimento in elementi scatolari	58
3.8	OPERE DI DIFESA SPONDALE	58
3.8.1	Prismi in conglomerato cementizio	58
3.8.2	Massi di roccia	59
3.8.3	Materassi in pietrame	59
3.8.4	Soglie di fondo	60
3.9	MANUFATTI PER LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE DAL CORPO STRADALE	60
3.9.1	Tubazioni in calcestruzzo cementizio vibrato	61
3.9.2	Tubazioni in gres ceramico	61
3.9.3	Tubazioni in PVC rigido	61
3.10	MANUFATTI IN LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA	61
3.11	CANALETTE	63
3.11.1	Canalette ad embrici	63
3.12	CUNETTE	64
3.12.1	Rivestimenti con elementi prefabbricati in conglomerato cementizio vibrato	64
3.12.2	Rivestimenti in muratura di pietrame	64
3.13	CORDONATURE	64
4	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	64



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.19 - Rev.1.0
Opere d'arte minori Opere accessorie di difesa del corpo stradale

4.1.1	Criteri di misura	65
5	NON CONFORMITÀ E SANZIONI	67
6	COLLAUDO	68
7	APPENDICE	70
7.1	NORMATIVE E RIFERIMENTI	71



1 PREMESSA

Il presente Capitolato è relativo alle opere di difesa e di sostegno del corpo stradale che vengono di seguito elencate:

- opere di protezione dalla caduta massi (rilevati e barriere paramassi);
- gabbionate;
- opere di sostegno;
- opere di difesa spondale;
- manufatti per lo smaltimento delle acque dal corpo stradale;
- manufatti in lamiera d'acciaio ondulata

Tale Capitolato Speciale specifica i requisiti, le caratteristiche prestazionali, le modalità di accettazione e di controllo dei materiali che compongono le opere di difesa e di sostegno del corpo stradale da realizzare lungo le infrastrutture stradali della rete di competenza ANAS S.p.A. Le tipologie di materiali e strutture elencati costituiscono l'insieme delle soluzioni tecniche che ANAS considererà tecnicamente adeguate ed economicamente convenienti allo scopo.

Questo implica che soluzioni alternative o innovative, sono considerate ammissibili solo quando sia dimostrabile e garantibile la parità o la superiorità ai requisiti prestazionali oltre specificati e/o la convenienza economica per ANAS, nell'adozione del sistema innovativo.

1 CLASSIFICAZIONE E CARATTERISTICHE TECNICHE

1.1 OPERE DI PROTEZIONE DEL CORPO STRADALE DALLA CADUTA MASSI

1.1.1 Ispezione delle pareti rocciose e Disgaggio

- **E.03.003** Perlustrazione, disgaggio e bonifica di scarpate e pendici rocciose
- **E.03.005** Esplorazione di pareti rocciose ed abbattimento di volumi di roccia

Tale lavorazione, eseguita da personale specializzato rocciatore provvisto di attrezzatura adeguata, nonché dei requisiti di legge richiesti, consiste nell'abbattimento sistematico dei volumi rocciosi pericolanti e/o in equilibrio precario e nell'eventuale taglio delle piante e delle ceppaie, nonché nell'eventuale asportazione di coltri di detrito sciolto.



Prima della realizzazione degli interventi di protezione del corpo stradale, il versante dovrà essere accuratamente ispezionato, allo scopo di poter effettuare sia un rilevamento di dettaglio dello stato di fratturazione dell'ammasso roccioso interessato, che l'accertamento della presenza e della disposizione di masse instabili.

1.1.2 Demolizioni di volumi rocciosi in equilibrio precario

- **E.03.007** Demolizione di spuntone o placche di roccia dura

Tale lavorazione che consiste nella demolizione e nell'abbattimento di elementi di roccia in equilibrio precario potrà essere eseguite tramite:

- attrezzature idrauliche
- impiego di agenti chimici non esplosivi
- cartucce pirotecniche per uso tecnico classificate P2
- impiego di esplosivo

1.1.3 Sistemi di rivestimento delle pareti e scarpate

Le caratteristiche tecniche dei prodotti finiti che comportano impiego di rete metallica a doppia o semplice torsione debbono, in generale, fare riferimento a quelle del materiale di base (filo metallico), a quelle della rete che ne deriva ed a quelle dei materiali ad essa associati (pietrame e terra di interposizione e rinfianco; elementi di cucitura e collegamento; chiodature ed ancoraggi, ecc.) nonché a quelle al manufatto nel suo insieme.

Il rivestimento di pareti e scarpate, in relazione alle caratteristiche dell'ammasso roccioso, potrà essere realizzato con:

- Rotoli in rete in filo d'acciaio a doppia torsione;
- Rotoli in rete in filo d'acciaio a doppia torsione rinforzata in funi;
- Pannelli di rete in fune in acciaio;
- teli in rete metallica a semplice torsione.

Caratteristiche tecniche

Il **filo di acciaio** impiegato per la costruzioni delle reti deve essere:

- del tipo a basso tenore di carbonio costituito da vergella utilizzata nei processi di trafilatura a freddo di cui alla UNI EN ISO 16120-2.
- Il filo deve avere al momento della produzione una resistenza a trazione compresa fra i 350 ed i 550 N/mm² ed un allungamento minimo a rottura superiore o uguale al 10%.
- Per le tolleranze ammesse sui valori del diametro del filo, per i limiti di ovalizzazione ed altre caratteristiche tecniche si fa riferimento alle indicazioni della UNI-EN 10218-2.



La **protezione del filo in acciaio** dalla corrosione è affidata ad un rivestimento appartenente ai seguenti consolidati tipi:

- - Rivestimento con leghe di zinco-alluminio Zn95Al5 oppure Zn90Al10
- - Rivestimenti in materiali polimerici.

Per lo spessore minimo di rivestimento si fa riferimento alla norma UNI EN 10244-2 ed alle "Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione", approvate dal Consiglio Superiore di LL.PP. con parere n.69 del 2 luglio 2013 riportate in appendice.

Per le caratteristiche geometriche della **rete metallica a doppia torsione**, la denominazione della maglia tipo, le dimensioni e le relative tolleranze, si può fare riferimento alle specifiche della norma UNI EN 10223-3 e quanto riportato nelle "*Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione*", approvate dal Consiglio Superiore di LL.PP. con parere n.69 del 2 luglio 2013 ed allegate in appendice

1.1.4 Rivestimento di scarpate in roccia con rete metallica

- **E.03.027** Rafforzamento corticale di pendice rocciosa
- **E.03.026** Rivestimento di scarpate e pareti con rete metallica

Caratteristiche tecniche

Rete metallica a doppia torsione, realizzata secondo le indicazioni progettuali in conformità alle "Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione", approvate dal Consiglio Superiore di LL.PP. con parere n.69 del 2 luglio 2013 ed allegate in appendice

La rete metallica sarà bloccata:

- in sommità e al piede della scarpata mediante la stesura, attraverso le asole degli ancoraggi, di fune d'acciaio zincato di diametro $\phi \geq 12$ mm e carico di rottura $\geq 90,7$ kN
(riferimenti tecnici e normativi vedi Appendice p.to 1)

Il Reticolo di contenimento a forma romboidale, con dimensioni massime (base) x (altezza) 3,0 m x 6,0 m e comunque in grado di permettere la migliore aderenza possibile della rete alla parete rocciosa, deve essere realizzato con funi d'acciaio $\phi \geq 16$ mm e carico di rottura ≥ 161 kN e funi d'acciaio di diametro $\phi \geq 12$ mm e carico di rottura $\geq 90,7$ kN;

NOTA Tutte le parti metalliche esposte dovranno essere protette con vernici epossidiche o zincatura a caldo (UNI ISO 2232) o elettrolitica (quest'ultima obbligatoria per i morsetti).



1.1.5 Rivestimento di scarpate o pareti rocciose con pannelli di rete in funi di acciaio

- **E.03.033** Pannelli di rete in fune per rivestimento di pareti rocciose
- **E.03.040** Realizzazione di ancoraggi passivi idonei al consolidamento di volumi rocciosi con barre di acciaio classe B450C
- **E.03.035** Formazione del reticolo di contenimento

Caratteristiche tecniche

Il pannello di rete metallica è formato da **funi realizzate con un unico trefolo** di diametro $\phi \geq 8,0$ mm, e carico di rottura del trefolo ≥ 40.6 kN, conformato in maglie romboidali o anelli di area massima 1600 cm².

(riferimenti tecnici e normativi vedi Appendice p.to 1)

Struttura di rinforzo costituita da **reticolo di contenimento** costituito da funi d'acciaio $\phi \geq 16$ mm e carico di rottura ≥ 161 kN. in sommità e $\phi \geq 12$ mm e carico di rottura $\geq 90,7$ kN **tutte le altre**

NOTA Tutte le parti metalliche esposte dovranno essere protette con vernici epossidiche o zincatura a caldo (UNI ISO 2232) o elettrolitica (quest'ultima obbligatoria per i morsetti).

1.1.5.1 Realizzazione del reticolo di contenimento in fune

- **E.03.035** Formazione del reticolo di contenimento

Caratteristiche tecniche

Reticolo di contenimento a forma romboidale con dimensioni massime (base) x (altezza) 3,0 m x 6,0 m e comunque in grado di permettere la migliore aderenza possibile della rete alla parete rocciosa, realizzato con funi d'acciaio $\phi \geq 16$ mm e carico di rottura ≥ 161 kN e funi d'acciaio di diametro $\phi \geq 12$ mm e carico di rottura $\geq 90,7$ kN;

NOTA Tutte le parti metalliche esposte dovranno essere protette con vernici epossidiche o zincatura a caldo (UNI ISO 2232) o elettrolitica (quest'ultima obbligatoria per i morsetti).

1.1.5.2 Imbragaggio di grossi volumi rocciosi instabili

- **E.3.030** Rete con resistenza a trazione longitudinale $50 \leq \text{kN/m} < 100$
- **E.3.031** Rete con resistenza a trazione longitudinale $100 \leq \text{kN/m} < 150$
- **E.3.032** Rete con resistenza a trazione longitudinale $\text{kN/m} \geq 150$



Caratteristiche tecniche

I rivestimenti delle scarpate in roccia o in terra saranno realizzati mediante rete metallica, realizzate con differenti caratteristiche costruttive e comunque tensionabili (in filo d'acciaio a singola torsione, geocomposito in filo e fune d'acciaio, ecc), posizionata in parete di qualsiasi altezza con l'ausilio di rocciatori, attrezzatura idonea e mezzi meccanici, Il cerchio inscritto nella maglia costitutiva della rete non dovrà essere maggiore di 80 mm (con una tolleranza max di + 10 mm). La rete, provvista di certificazione CE, sarà caratterizzata da una resistenza a punzonamento e deformazione massima dichiarata e documentata, testata in accordo a UNI 11437

La galvanizzazione dovrà essere in lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), conforme alla EN 10244, con grammatura non inferiore alla classe A della EN 10244.

1.1.5.3 Rivestimento mediante impiego di calcestruzzo spruzzato

Per quanto riguarda le caratteristiche dei calcestruzzi proiettati, dovranno essere rispettate le indicazioni riportate nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p." di ANAS S.p.A., al quale si rimanda.

1.1.6 Barriere paramassi ad assorbimento di energia

- **G.04.015** Fornitura e posa in opera di barriera paramassi con assorbimento di energia in conformità alla norma ETAG 027

Caratteristiche tecniche:

I sistemi o barriere paramassi ad assorbimento di energia dovranno essere forniti marcati CE in accordo con ETAG 027 e prodotti in regime di qualità ISO 9001.

La certificazione deve contenere esito di prove in vera grandezza "crash test", effettuate da laboratorio indipendente accreditato presso EOTA e che esegua le prove in conformità alla Linea Guida di Benestare Tecnico Europeo ETAG 027.

La **barriera paramassi** dovrà avere le seguenti caratteristiche tecniche prestazionali riportate nella Tabella 1.

- Classe energetica con assorbimento energetico \geq MEL kJ
- Categoria non inferiore a CAT A di cui al punto 2.4.3.2. della ETAG 027 (altezza residua \geq 50% dopo impatto alla massima energia)

L'altezza della barriera, adeguata all'altezza di intercettazione richiesta, e comunque superiore o uguale a H metri (vedi seguente Tabella 1) è da intendersi quella riportata nel rapporto di prova e nel manuale di installazione tenuto conto dei limiti di tolleranza di cui al punto 4.3 della ETAG 027.



Tabella 1: Prestazioni delle barriere con assorbimento di energia secondo ETAG 027/2013

Classe energetica	0	1	2	3	4	5	6	7	8
SEL Kj	-	85	170	330	500	660	1000	1500	>1500
MEL Kj \geq	100	250	500	1000	1500	2000	3000	4500	>4500
Categoria h residua	$\geq A$	$\geq A$	$\geq A$	$\geq A$	$\geq A$	$\geq A$	$\geq A$	$\geq A$	>A

NOTA La struttura dovrà impiegare materiali nuovi e di primo impiego ed accompagnati da certificazione di origine e dichiarazioni di conformità, secondo le normative UNI EN 10025 (montanti in acciaio), UNI ISO 2408 (funi d'acciaio), UNI EN 10244-2 (zincatura fili e funi), UNI 1461 (zincatura carpenteria metallica), nonché dalla dichiarazione CE.

1.1.7 Sistema di ancoraggi

- **E.03.040** Realizzazione di ancoraggi passivi idonei al consolidamento di volumi rocciosi con barre di acciaio classe b450c
- **E.03.041** Chiodature per ancoraggio del reticolo di contenimento
- **E.03.042** Bullonatura di consolidamento in parete a qualsiasi altezza
- **G.04.027** Formazione di ancoraggi d'attacco della barriera paramassi in pannelli di rete in fune

Gli ancoraggi dovranno essere realizzati con:

- **barre in acciaio**, con diametro $\phi \geq 24$ mm secondo EN 10080, con caratteristiche non inferiori al tipo B450C.
(riferimenti tecnici e normativi vedi Appendice p.to 2)
- **barra in acciaio** con resistenza minima caratteristica allo snervamento di 500 N/mm² e a rottura di 550 N/mm² del diametro minimo di 25 mm, iniezione di sigillatura con malta cementizia dosata a 250 kg/mc di impasto e piastra di ancoraggio delle dimensioni min. di cm15x15 cm sp.1,0 cm o golfaro;
- **barre di acciaio tipo Diwidag** pretensionate a 5 tonn. min, di diametro compreso tra $\emptyset=24$ mm e $\emptyset=28$ mm, dotate di testa espansiva di pretensionamento, iniezione cementizia o con resina bicomponente, piastre di bloccaggio, dado e quant'altro occorra per dare il lavoro finito;



- **doppia fune spiroidale in fili d'acciaio** marcata CE, galvanizzati con Zinco secondo la Classe A in conformità a UNI EN 10244-2, formante sull'estremo esterno un'asola, diametro $\phi \geq 16$ mm e carico di rottura a trazione assiale d'ancoraggio ≥ 400 kN,
(riferimenti tecnici e normativi vedi Appendice p.to 4)

La scelta della tipologia e il dimensionamento degli ancoraggi e delle eventuali funi costituenti il reticolo di contenimento, dovrà essere oggetto di studio dettagliato in rapporto alla situazione sito specifica e documentato in una relazione tecnica.

La realizzazione e l'installazione degli ancoraggi e funi d'acciaio, può comprendere anche l'inserimento di piastre di ripartizione. Per tutte le lavorazioni può essere concesso l'utilizzo di elicottero.

1.1.8 Rilevati per il contenimento dei massi

1.1.8.1 Rilevati propriamente detti

I rilevati propriamente detti saranno eseguiti con le esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto e secondo le indicazioni riportate nel Capitolato ANAS specifico "Movimenti di Terra".

1.1.8.2 Rilevati in terra rinforzata

- **E.01.045** Strutture di sostegno in terra rinforzata con paramento rinverdibile ed armature di rinforzo sintetiche

I rilevati in terra rinforzata sono intesi come tutte quelle strutture in terra all'interno delle quali siano inseriti elementi prevalentemente resistenti a trazione (rinforzi). Gli stessi saranno eseguiti con le esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto e secondo le indicazioni riportate nel Capitolato ANAS specifico "Movimenti di Terra".

1.1.8.3 Elementi per il rinforzo dei rilevati per il contenimento dei massi

- **E.01.040** Fornitura e posa in opera di geogriglia con marcatura CE

Caratteristiche tecniche

Per il rinforzo dei rilevati da realizzare come valli paramassi, potranno essere utilizzate le geogriglie, ovvero altra tipologia opportunamente testata e validata, definite dal progettista ed accettata dalla Direzione Lavori.

Le geogriglie, dotate di marcatura CE, realizzate in fibre di poliestere o polietilene o polipropilene



e altro, proveniente da aziende qualificate e certificate, devono essere resistenti o protette ai raggi UV.

La resistenza massima a trazione, secondo la norma EN ISO 10319, dovrà essere non inferiore ai valori di seguito riportati per le varie classi di altezza:

- da 45 a 60 kN/m per altezze fino a 3 m;
- da 45 a 90 kN/m per altezze comprese da oltre 3 m fino a 6 m;
- da 45 a 120 kN/m per altezze comprese da 6 m fino a 9 m;
- da 45 a 160 kN/m per altezze oltre i 9 m

Le geogriglie dovranno rispettare le prescrizioni indicate nel NTC 2008.

1.2 GABBIONATE

1.2.1 Gabbioni metallici

- **E.01.027** Gabbioni in rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8x10
- **E.01.025** Gabbioni cilindrici (a sacco)

Caratteristiche tecniche

I gabbioni metallici devono essere marcati CE in accordo con il Regolamento UE n.305/2011, dovranno avere forma prismatica ed essere in:

rete metallica a doppia torsione, con maglia esagonale, tessuta con trafilato di ferro, conforme alle UNI-EN 10223-3 e UNI-EN 10218, in accordo con le "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione" approvate dalla Prima Sezione del Consiglio Superiore LL.PP., con parere n. 69 reso nell'adunanza del 2 luglio 2013.

Il **rivestimento del filo** per la protezione dalla corrosione sarà in accordo con le "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione" approvate dalla Prima Sezione del Consiglio Superiore LL.PP., con parere n. 69 reso nell'adunanza del 2 luglio 2013, e specificatamente:

- con leghe di zinco-alluminio Zn95Al5 oppure Zn90Al10
- in materiali polimerici che costituiscono una protezione aggiuntiva ed integrativa da adottare in ambienti fortemente aggressivi e/o per opere di elevata vita nominale.

Il **riempimento** dei gabbioni e materassi è costituito da materiale litoide proveniente da cava (*in conformità alla UNI EN - 13383-1*) o da materiale d'alveo, non friabile né gelivo e quindi non deteriorabile dagli agenti atmosferici, di elevato peso specifico (≥ 22 kN/m³) e di pezzatura diversifica-



ta, in modo da minimizzare la presenza di vuoti, e superiore alla dimensione della maglia ($\geq 1,5 D$) in modo da non permettere alcuna fuoriuscita del riempimento, né in fase di posa in opera, né in esercizio.

Nel caso dei gabbioni cilindrici a sacco dovranno avere lunghezza $L \geq 2,00$ m e diametro $\geq \phi 0,95$ m.

1.3 OPERE DI SOSTEGNO

Il comportamento dell'opera di sostegno, intesa come complesso strutture-terreno, deve essere esaminato tenendo conto della successione e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di fondazione e di eventuali materiali di riporto interessati dall'opera, oltre che dalla falda idrica, dai manufatti circostanti, dalle caratteristiche di resistenza e deformabilità dell'opera, dei drenaggi e dispositivi per lo smaltimento delle acque superficiali e sotterranee, nonché delle modalità di esecuzione dell'opera e dell'eventuale rinterro, così come indicato dalle vigenti disposizioni di legge.

Le Opere di sostegno si dividono in:

- 1) Opere di sostegno a gravità (muri, gabbionate, muri cellulari, ecc)
- 2) Opere di sostegno in c.a. (muri a mensola, a contrafforti, ecc.)
- 3) Opere di sostegno in terra rinforzata

1.3.1 Opere di sostegno a gravità

1.3.1.1 Muri in muratura

Questa tipologia di muri di sostegno viene realizzata mediante l'impiego di muratura di pietrame a secco e/o di pietrame e malta.

Per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali costituenti l'opera, si rimanda alle indicazioni riportate nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Murature" di ANAS S.p.A..

1.3.1.2 Muri in gabbioni

Nei muri in gabbioni, i singoli gabbioni costituenti la gabbionata, parallelepipedi di rete metallica affiancati e appoggiati l'uno sopra l'altro, saranno saldamente collegati tra loro mediante legature con caratteristiche non inferiori a quanto riportato nel paragrafo 1.2 sino a realizzare una struttura monolitica; il dimensionamento verrà condotto con i criteri delle opere di sostegno a gravità ai sensi del DM 14/01/2008.

Per quanto riguarda le caratteristiche dei gabbioni, si rimanda a quanto riportato nel precedente paragrafo 1.2 ed alle indicazioni specifiche, compatibilmente a quelle delle maglie, allo scopo di ottenere una densità quanto più possibile uniforme.



1.3.1.3 Muri cellulari o a cassone

Strutture di sostegno a scomparti cellulari

- **B.08.035** Muri di sostegno cellulari con aste o contenitori in c.a.v.

Caratteristiche tecniche:

Le strutture di sostegno a scomparti cellulari, marcati CE, sono costituite da:

elementi in c.a.v. prefabbricati, atti a formare, mediante sovrapposizione alternata ortogonale, scomparti cellulari da riempire con materiale lapideo sciolto di fiume, di cava o di frantoio, di idonea pezzatura, contenente una percentuale di fino (limo o argilla) variabile dal 10÷15% ed avente peso specifico $\geq 1,9 \text{ t/m}^3$.

Gli elementi prefabbricati in conglomerato cementizio vibrato, di sagomatura come da progetto, dovranno avere Classe 35/45 ed armatura in barre di acciaio B450C.

La configurazione delle pareti longitudinali potrà essere verticale o a scarpa, a seconda delle indicazioni di progetto.

Le caratteristiche geometriche degli elementi in c.a.v. dovranno essere tali da inibire la fuoriuscita del materiale di riempimento; in particolare, tutti gli elementi longitudinali formanti il paramento in vista dovranno essere sagomati in modo da presentare verso l'esterno delle apposite vaschette (fioriere) riempite di terreno vegetale, in modo da favorire l'attecchimento di piantine di essenze arbustive, rampicanti e tappezzanti nella struttura, in ragione di quattro piante per metro di vaschetta.

Muri di sostegno a gravità con elementi prefabbricati scatolari

- **B.08.040** Muri di sostegno a elementi prefabbricati a cucchiaio

Caratteristiche tecniche:

Costituiti da elementi modulari scatolari prefabbricati in c.a.v. di Classe $\geq C35/45$ autobloccanti, autodrenanti, con riempimento a tergo della muratura con misto di cava e quello dei "cucchiai" con idoneo terreno vegetale con relativa semina per il rinverdimento.

1.3.1.4 Strutture di contenimento in elementi scatolari prefabbricati

- **B.08.008** Strutture contenimento scarpate a elementi scatolari prefabbricati



Caratteristiche tecniche

Tali strutture di contenimento sono costituite da:

elementi scatolari in c.a.v. prefabbricati, disposti su file perfettamente orizzontali, tra loro intervalati in modo che le pareti degli elementi delle file sottostanti costituiscano appoggio per le pareti degli elementi delle file sovrapposte. L'arretramento di ciascuna fila rispetto a quella sottostante determinerà un paramento in vista inclinato di circa 70° rispetto all'orizzontale.

Gli elementi scatolari ed i relativi pezzi speciali in c.a.v., di forma, dimensioni e finitura come da progetto, dovranno avere Classe $\geq 28/35$ ed essere armati con barre e/o rete elettrosaldata di acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento.

1.3.2 Opere di sostegno in c.a.

1.3.2.1 Muri a mensola

Si tratta di muri di sostegno realizzati in calcestruzzo semplice e/o armato gettati in opera.

Relativamente alle caratteristiche dei materiali costituenti l'opera, deve essere fatto riferimento alle indicazioni riportate nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p." di ANAS S.p.A., al quale si rimanda.

1.3.2.2 Muri di sostegno in pannelli di c.a.v.

- **B.08.033** Muri di sostegno prefabbricati in c.a. RCK >40 N/mmq
- **B.08.005** Sovrapprezzo ai muri prefabbricati per paramento in pietra o disegnato

Caratteristiche tecniche:

Costituiti da pannelli in c.a.v. prefabbricati prodotti in serie in regime di marcatura CE, di classe C35/45, ed acciaio di armatura del tipo B450C, con spessore ai bordi ≥ 10 cm e dovranno presentare la faccia in vista piana e ben rifinita, con gli spigoli arrotondati.

I pannelli dovranno essere disposti verticalmente o con scarpa secondo le previsioni di progetto, irrigiditi nella parte interna da costolatura estendentesi per l'intera altezza del pannello collegati alla platea di base in conglomerato cementizio armato, gettata in opera.

Il collegamento alla platea di base potrà essere eseguito secondo le indicazioni progettuali. Nel caso in cui il collegamento venga realizzato mediante tiranti prefabbricati in c.a.v., lo stesso deve essere effettuato con la medesima classe di resistenza (in questo caso la cerniera tra tirante e costolatura del pannello dovrà essere sigillata con malta reoplastica premiscelata a ritiro compensato).



1.3.3 Opera di sostegno in terra rinforzata

1.3.3.1 Struttura di sostegno in terra rinforzata in materiale sintetico e con rete in acciaio con paramento rinverdibile

- **E.01.045** Strutture di sostegno in terra rinforzata con paramento rinverdibile ed armature di rinforzo sintetiche
- **E.01.050** Strutture di sostegno in terra rinforzata con paramento rinverdibile ed armature di rinforzo a rete in acciaio

Caratteristiche tecniche:

La struttura di sostegno dovrà essere eseguita, secondo gli elaborati di progetto esecutivo della struttura, con la tecnologia dei terrapieni rinforzati in conformità alla norma EN14475, ed è costituita da terrapieno armato con 2 possibili tipologie di rinforzo:

- **armature strutturali in geogriglie** monorientate o fortemente orientate a marchio CE. Queste dovranno avere maglia rettangolare, quadrata o comunque di altra forma idonea all'impiego e alla tipologia di terreno, e dovranno essere in materiale sintetico di qualunque tipo (ad es.: fibre di poliestere o polietilene o polipropilene o aramide o polivinilalcol ecc) resistenti ai raggi u.v.
- **rete metallica a doppia torsione** in accordo con le "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione" approvate dalla Prima Sezione del Consiglio Superiore LL.PP., con parere n. 69 reso nell'adunanza del 2 luglio 2013. Il filo sarà ricoperto da un rivestimento di materiale plastico che dovrà avere uno spessore nominale $\geq 0,5$ mm ed in conformità a quanto indicato nelle norme EN14475.

Le armature (geogriglie o rete metallica) dovranno essere poste nel terreno in strati successivi con distanza tra i piani di posa rispettivamente non superiore a 60 cm e a 80 cm, in ogni caso secondo le prescrizioni progettuali, e dovranno essere connesse ad un paramento flessibile in rete metallica.

Nel caso di geogriglia ogni strato di rinforzo dovrà essere risvoltato esternamente la cassatura di almeno 1,50 m in prossimità del paramento, per evitarne lo sfilamento.

La resistenza di progetto delle geogriglie, al netto di tutti i fattori di sicurezza, dovrà essere calcolata e dimensionata attraverso una progettazione che tenga conto delle caratteristiche geometriche del manufatto, delle caratteristiche meccaniche dei terreni, dei carichi esterni agenti sul manufatto e delle sollecitazioni sismiche secondo la normativa vigente.

I livelli di sollecitazione e le caratteristiche meccaniche delle geogriglie dovranno essere certificate per una vita superiore a 120 anni.



Il **terreno da impiegare** dovrà essere appartenente ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3. Ogni strato di terreno dovrà essere compattato con appositi macchinari in modo da ottenere una densità non inferiore al 95 % dello AASHTO Mod.

Il **paramento** dovrà essere composto da pannelli in rete elettrosaldata con maglia non superiore a 15x15 cm e diametro $\phi \geq 8$ mm, posti in opera con un sistema di irrigidimento (tiranti) idoneo a ottenere inclinazioni del paramento variabili a seconda delle esigenze progettuali, tra i 45° e gli 80°.

Il paramento sarà corredato in facciata, nella parte interna, di **ritentore di fini** in fibre vegetali e/o sintetiche idoneo ad accogliere l'idrosemina e ad assicurare una rapida crescita della vegetazione ed uno sviluppo in profondità delle radici.

Per consentire il rinverdimento della scarpata si dovrà inoltre prevedere la sistemazione di uno strato di **terreno vegetale** idoneo ad accogliere l'idrosemina lungo tutto il fronte e per uno spessore di circa 30 cm.

Tutte le ditte produttrici dei materiali impiegati dovranno essere in certificazione di sistema di qualità in conformità alle normative vigenti ISO-EN 9001.

1.3.3.2 Struttura di sostegno in terra rinforzata con paramento in pannelli prefabbricati in cls o paramento rinverdibile

- **E.01.055** Strutture di sostegno in terra rinforzata con paramento in pannelli prefabbricati in cls o rete metallica rinverdibile ed armature di rinforzo lineari o planari in acciaio o materiale sintetico

Caratteristiche tecniche

La **struttura di sostegno** dovrà essere eseguita, secondo gli elaborati di progetto esecutivo della struttura, con la tecnologia dei terrapieni rinforzati realizzata da un terrapieno con tre possibili tipologie di **rinforzi**:

- **lineari in acciaio laminato** e sagomato a caldo del tipo S355JO zincato a caldo con spessore min 70 μ ;
- **in fibre di poliestere** ad alta tenacità o polietilene o polipropilene;
- **in geogriglie** monorientate o fortemente orientate strutturali in materiale sintetico - poliestere, polietilene, polipropilene, aramide, polivinilalcol - a marchio CE, resistenti o protetti ai raggi u.v., posti nel terreno in strati successivi e connessi ad un paramento flessibile in calcestruzzo o in rete metallica rinverdibile.

La tipologia di **paramento** potrà essere di due tipi:

- Costituito da pannelli prefabbricati in cls di spessore ≥ 14 cm, sagomati e disposti come da progetto, i quali dovranno avere Classe $\geq 28/35$ con tutti gli angoli retti e armati secondo le esigenze progettuali con ferri ad aderenza migliorata del tipo B450C controllato in stabilimento.



- Costituito da pannelli in rete elettrosaldata con maglia non superiore a 15x15 cm e diametro $\phi \geq 8$ mm, posti in opera con un sistema di irrigidimento (tiranti) idoneo a ottenere inclinazioni del paramento variabili a seconda delle esigenze progettuali, tra i 45° e gli 80°. In questo caso il paramento sarà corredato in facciata, nella parte interna, di ritentore di fini in fibre vegetali e/o sintetiche idoneo ad accogliere l'idrosemina e ad assicurare una rapida crescita della vegetazione ed uno sviluppo in profondità delle radici.

1.4 OPERE DI DIFESA SPONDALE

Il tipo di rivestimento da utilizzare per proteggere dall'erosione le sponde, dipende dai materiali disponibili, dalle condizioni di stabilità delle sponde e dalla velocità della corrente.

Per sponde inclinate e stabili la protezione potrà essere eseguita in scogliera, naturale o artificiale, a grossa pezzatura, gabbioni e/o materassi in pietrame.

Qualora, oltre alla protezione della sponda, si dovesse rendere necessario assicurare anche la stabilità delle stesse, si utilizzeranno gabbioni e/o materassi in pietrame, paratie, prismi in conglomerato cementizio, palificate e muri di sponda.

1.4.1 Prismi in conglomerato cementizio

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente Classe Rck ≥ 25 MPa, in elementi di forma cubica delle dimensioni previste in progetto.

1.4.2 Massi di roccia

- **E.06.005** Massi naturali provenienti da cave
- **E.06.002** Massi artificiali per formazione scogliere in conglomerato cementizio

Caratteristiche tecniche

I massi da impiegare nella costruzione di scogliere dovranno essere inalterabili, tenaci, privi di fratture e piani di scistosità, con peso di volume $P \geq 25$ kN/m, peso specifico $p \geq 26$ kN/m ed grado di compattezza $C=P/p \geq 0.95$.

Vengono di seguito elencate le categorie di massi da utilizzare:

- Massi di I categoria: elementi di peso complessivo fra 50 e 100 kg
- Massi di II categoria: peso fra 100 e 500 kg
- Massi di III categoria: peso fra 500 e 1500 kg
- Massi di IV categoria: peso fra 1500 e 4000 kg
- Massi di V categoria: peso oltre i 4000 kg



La roccia costituente i massi non dovrà risultare geliva alla prova eseguita secondo le Norme del R.D. 16 novembre 1939 - IVII n. 2232, relative all'accettazione delle pietre naturali da costruzione.

1.4.3 Materassi in pietrame

- **E.01.065** Materassi metallici tipo Reno o similari in opera

Caratteristiche tecniche

I materassi in pietrame sono costituiti da:

- struttura metallica avente forma parallelepipedica, divisa in più celle, costituita da una rete metallica a maglia esagonale a doppia torsione, fortemente zincata ed eventualmente protetta con rivestimento in materiale plastico; tale elemento viene riempito in opera con ciottoli o pietrisco di idonee dimensioni. La rete metallica a maglia esagonale e doppia torsione sarà realizzata in accordo alle "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione" approvate dalla Prima Sezione del Consiglio Superiore LL.PP., con parere n. 69 reso nell'adunanza del 2 luglio 2013.
- telo continuo di rete sul quale, alla distanza di 1 m l'uno dall'altro, verranno inseriti i diaframmi dello stesso tipo di rete, in modo tale da formare una struttura cellulare di larghezza $2\text{ m} < L < 3\text{ m}$, lunghezza ed altezza secondo le indicazioni progettuali. In particolare, il telo continuo servirà per formare sia la base che le pareti laterali dell'elemento ed il coperchio sarà costituito da un telo di rete separato da quello di base.

I teli di rete saranno delimitati, esternamente lungo i bordi, da fili di diametro più grosso di quello usato per fabbricare la rete, che rinforzeranno la struttura e faciliteranno, durante la messa in opera, le legature di chiusura delle tasche e di unione degli elementi fra di loro.

Per materassi lavoranti in ambiente marino, oppure in ambienti particolarmente inquinati, il filo zincato, prima di essere tessuto, sarà rivestito per estrusione con una guaina continua in PVC di spessore 0.4-0.6 mm.

La pezzatura del materiale di riempimento varierà tra 1,5-2 volte la dimensione D della maglia della rete.

L'indice di porosità sarà contenuto tra 0,3 e 0,4. Non è richiesto impiego di materiale con caratteristiche particolari, purché non si tratti di materiale gelivo o di marne friabili; è opportuno che il pietrame sia di natura compatta e con peso specifico $\geq 20\text{ KN/m}^3$.

1.4.4 Soglie di fondo

- **E.06.001** Formazione di scogliere per argini o fondo di alvei di pietrame naturale



Le soglie di fondo sono strutture trasversali all'alveo e poco emergenti dal fondo, destinate ad evitare l'approfondimento in quanto costituenti un livello inderodabile nell'alveo stesso.

Le soglie di fondo potranno essere realizzate con pietrame di grossa pezzatura o con platee in calcestruzzo o con gabbioni e/o materassi, le cui caratteristiche tecniche sono descritte nei rispettivi paragrafi .

1.5 MANUFATTI PER LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE DAL CORPO STRADALE

1.5.1 Tubazioni

Le tipologie di tubazioni da utilizzare per lo smaltimento delle acque piovane sono quelle di seguito riportate:

- tubazioni in conglomerato cementizio vibrato;
- tubazioni in grès;
- tubazioni in PVC rigido
- tubazioni in polietilene (AD)
- tubazioni in polipropilene

1.5.1.1 Tubazioni in calcestruzzo cementizio vibrato

- I.01.002 Tubazioni in cls vibrocompressso

Caratteristiche tecniche

Le tubazioni realizzate in conglomerato cementizio vibrato e centrifugato a pressione costante, ben stagionato, dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- spessore uniforme rapportato al diametro della tubazione;
- sezione perfettamente circolare e superfici interne lisce e prive di irregolarità;
- sagomatura delle testate a maschio e femmina per costituire giunto di tenuta che dovrà essere sigillato in opera con malta di cemento

Le tubazioni in cemento armato prefabbricate a sezione circolare potranno essere con:

- innesto a mezzo spessore (L = 1 mt) Classe $\geq 28/35$ secondo UNI EN 206-1



- innesto a mezzo bicchiere esterno ($L \geq 2$ mt) con o senza piano d'appoggio prodotti in conformità alla norma UNI EN 1916:2004 (marcatura CE). Classe $\geq 35/45$ con guarnizioni di tenuta in gomma posizionate sul giunto maschio dovranno essere conformi alle norme UNI EN 681-1/97.

1.5.1.2 Tubazioni in grès

- **I.01.007** "Tubazioni in gres ceramico"

Caratteristiche tecniche

Le tubazioni e pezzi speciali in Gres ceramico, ottenuti da impasto omogeneo, verniciati internamente ed esternamente con giunto a bicchiere - sistema C ed F dovranno essere in conformità alle norme UNI EN 295 parti 1 - 2 - 3 e dotati di marcatura CE in base al rispetto dei requisiti essenziali di prestazione contenuti nella norma europea EN 295-10 / 2005.

La giunzione, di tipo C, sarà composta da elementi di tenuta in poliuretano applicati sulla punta ed all'interno del bicchiere che, sottoposti alle prove di cui alla UNI EN 295/3 punto 15, dovranno soddisfare i limiti riportati nel prospetto VII della UNI EN 295/1 punto 3.1.2 e garantire gli aspetti di tenuta idraulica indicati dalla norma UNI EN 295/1 punto 3.2.

Per le tubazioni con giunzione di tipo F, questa sarà composta dall'elemento di tenuta in gomma applicato all'interno del bicchiere che, sottoposto alle prove di cui alla UNI EN 295/3 punto 15, dovrà soddisfare i limiti riportati nel prospetto VII della UNI EN 295/1 punto 3.1.2 e garantire gli aspetti di tenuta idraulica indicati dalla norma UNI EN 295/1 punto 3.2. Inoltre le caratteristiche dell'anello in gomma devono essere conformi a quanto richiesto nella norma UNI EN 681.

1.5.1.3 Tubazioni in PVC rigido

- **I.02.115** Scarichi acqua per impalcati

Caratteristiche tecniche

I tubi e i pezzi speciali dovranno avere caratteristiche rispondenti alla norma UNI EN 1401-1/98 tipo SN, contrassegnati con il marchio IIP che ne assicura la conformità alle norme UNI. Su ogni singolo tubo dovrà essere impresso, in modo evidente, leggibile ed indelebile, il nominativo del produttore, il diametro esterno, l'indicazione del tipo e la pressione di esercizio.

1.5.1.4 Tubazioni in polietilene (PEAD) corrugate



- **I.01.011** Tubazione in polietilene (AD) per condotte di scarico non in pressione

Caratteristiche tecniche

Le tubazioni per condotte di scarico interrate non in pressione, sono realizzate a doppia parete, lisce internamente e corrugate esternamente, prodotte in PEAD e testate secondo norma EN 13476-3 (tipo B), dotate di sistema di giunzione a bicchiere o manicotto e rispettive guarnizioni elastomeriche di tenuta in EPDM.

1.5.1.5 Tubazioni in polipropilene corrugate

- **I.01.014** Tubazione in polipropilene per condotte di scarico non in pressione - SN16 KN/mq

Le tubazioni per condotte di scarico interrate non in pressione, sono realizzate a doppia parete, lisce internamente e corrugate esternamente, prodotte in PP e testate secondo norma UNI 10968-1 (traduzione della EN 13476-3 tipo B), dotate di sistema di giunzione a bicchiere o manicotto e rispettive guarnizioni elastomeriche di tenuta in EPDM.

La classe di rigidità anulare deve essere misurata secondo metodo UNI EN ISO 9969.

1.5.1.6 Tubazioni in polietilene (PE) spiralato con profili metallici

- **I.01.020** Tubazioni in PE (AD) del tipo spiralato

Le tubazioni per condotte di scarico interrate non in pressione, sono realizzate con profilo liscio internamente di PE e strutturato, esternamente composto da costolatura in acciaio avvolta a spirale e ricoperta di PE, prodotte e testate secondo norma UNI 11434, dotate di sistema di giunzione a bicchiere ad elettrofusione o con guarnizioni elastomeriche di tenuta in EPDM.

Classe di rigidità anulare (PS) misurata secondo norma UNI 11434 a deflessione 3%

NOTA La nota al Prospetto 4 della norma UNI 11434 chiarisce che il valore di rigidità anulare S (Stiffness), al 3% di deformazione diametrale, delle classi A - B - C corrisponde a quella dei tubi strutturati in materiale termoplastico con rigidità anulare SN (Nominal Stiffness) rispettivamente 8 - 12 - 16 secondo la norma EN ISO 9969. accettano tutte le tre classi di ASI



Per l'equivalenza fra i valori di rigidità anulari definiti dalle tre norme (UNI 11434, EN 13476, DIN 16961) si rimanda alla TAB . 1 in Appendice.

1.5.1.7 Tubazioni in polietilene (PEAD) spiralato

Le tubazioni per condotte di scarico interrato non in pressione, sono realizzate lisce internamente e profilate esternamente senza profili di supporto metallici, prodotte e testate secondo norma DIN 16961, dotate di sistema di giunzione a bicchiere ad elettrofusione o con guarnizioni elastiche di tenuta in EPDM.

Classe di rigidità anulare (SN) misurata secondo metodo UNI EN ISO 9969.

1.5.2 Pozzetti e chiusini

- **I.02.080** FpO di pozzetti prefabbricati vibrocompresi in Cls di classe C25/30
- **I.02.085** FpO di elementi di prolunga per pozzetti prefabbricati in Cls di classe C25/30
- **I.02.090** FpO di soletta prefabbricata carrabile in cls per pozzetti prefabbricati in Cls o gettati in opera
- **I.02.095** FpO di chiusino carrabile in cls

Caratteristiche tecniche

I pozzetti ed i chiusini, la cui tipologia e dimensioni saranno indicate negli elaborati di progetto, realizzati in c.a.v. secondo la norma UNI-EN 1917:2004 e soggetti a marcatura CE.

dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- Classe minima C25/30;
- predisposizione per l'innesto di tubazioni

I chiusini dovranno essere conformi alla norma UNI - EN 124 "Dispositivi di coronamento e di chiusura dei pozzetti stradali. Principi di costruzione, prove e marcature";

I chiusini avranno chiusura battentata e saranno posti su pozzetti e/o canalette, ancorati agli stessi.

Relativamente ai pozzetti per i quali sia previsto l'eventuale accesso di persone per lavori di manutenzione o similari, il passo d'uomo del chiusino non dovrà essere inferiore a 600 mm.

Tutti i chiusini, le griglie ed i telai devono portare una marcatura leggibile e durevole, indicante: la norma di riferimento; la classe corrispondente; la sigla e/o nome del fabbricante.



1.5.3 Canalette

Le canalette saranno in elementi prefabbricati in lamiera di acciaio ondulata e zincata, oppure in conglomerato cementizio o fibrocemento.

1.5.3.1 Canalette in acciaio

- **I.02.015.a** FpO di canalette e fossi di guardia
- **I.02.020** FpO di canalette in lamiera zincata

Caratteristiche tecniche

Le canalette in lamiera ondulata saranno realizzate con acciaio avente qualità di cui alle norme AASHTO M. 167-70 e AASHTO M. 36-70, con contenuto di rame $\geq 0,20\%$ e $\leq 0,40\%$ spessore $\geq 1,5$ mm con tolleranza UNI, carico unitario di rottura ≥ 34 Kg/mm² e sarà protetto su entrambe le facce da zincatura a bagno caldo, in quantità ≥ 305 g/m² per faccia.

1.5.3.2 Canalette ad embrici

- **I.02.001** FpO di canalette costituite da embrici

Caratteristiche tecniche

Le canalette ad embrici dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente $R_{ck} \geq 25$ MPa, in elementi di 50/40 x50x20 cm e spessore 5 cm, secondo i disegni tipo di progetto.

L'elemento al piede della canaletta, quando il fosso di guardia non è rivestito e manca l'ancoraggio, dovrà essere bloccato mediante due tondini in acciaio del diametro 24 mm e lunghezza ≥ 80 cm, infissi nel terreno per almeno 60 cm, in modo che sporgano almeno di 20 cm.

1.5.4 Rivestimenti per cunette e fossi di guardia

I rivestimenti per le cunette ed i fossi di guardia possono essere realizzate con i seguenti materiali:

- elementi prefabbricati in conglomerato cementizio vibrato;
- conglomerato cementizio gettato in opera;
- muratura di pietrame



1.5.4.1 Rivestimenti con elementi prefabbricati in conglomerato cementizio vibrato

- **I.02.025** Elementi prefabbricati per rivestimento cunette
- **I.02.030** Cunettoni trapezoidali

Caratteristiche tecniche

Si tratta di elementi prefabbricati da realizzare in conglomerato cementizio vibrato, avente Classe $\geq 25/30$, armato con rete di acciaio a maglie saldate del tipo B450C, in fili del diametro ≥ 6 mm. Gli elementi dovranno avere forma trapezoidale od a L, secondo i disegni tipo di progetto, il cui spessore è ≥ 7 cm e le testate dovranno essere sagomate ad incastro a mezza piastra; i giunti dovranno essere stuccati con malta dosata a 500 kg/m^3 di cemento.

1.5.4.2 Rivestimenti in conglomerato cementizio gettato in opera

- **I.02.050** Rivestimento di cunette e fossi di guardia

Caratteristiche tecniche

Questa tipologia di rivestimento di canali, cunette e fossi di guardia, sarà eseguita con conglomerato cementizio di tipo II con $R_{ck} \geq 30$ MPa, gettato in opera con lo spessore previsto nei disegni di progetto, previa regolarizzazione e costipamento del piano di posa.

La lavorazione prevede anche l'uso delle casseforme, la rifinitura superficiale e sagomatura degli spigoli, la formazione di giunti.

1.5.4.3 Rivestimenti in muratura di pietrame

- **I.02.045** Rivestimento di platee di ponticelli, cunette, fossi di guardia
- **B.06.007** Rivestimento di platee con pietrame e malta cementizia spess. > 15 cm

Caratteristiche tecniche

Il rivestimento di cunette e fossi di guardia può essere eseguito in muratura di pietrame e malta dosata a 350 kg/m^3 di cemento normale, con lavorazione del paramento a faccia vista e stuccatura dei giunti



1.5.5 Cordonature

- **E.02.001** Cordolo in calcestruzzo vibrato, prefabbricato, dosato a ql 3,50 di cemento normale della sezione minima di cmq 300
- **E.02.008** FpO di cordonatura
- **E.02.010** Costruzione di cordonatura stradale

Caratteristiche tecniche

Le cordonature dovranno essere realizzate in conglomerato cementizio vibrato, avente Classe \geq 25/30, in elementi della lunghezza di 1 m, di forma prismatica e della sezione indicata in progetto.

1.6 MANUFATTI LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA

Le prescrizioni che seguono si riferiscono ai seguenti **manufatti in lamiera d'acciaio ondulata**, dei tipi:

- **a piastre multiple**, unite tra loro mediante giunzioni bullonate (per la realizzazione di strutture portanti di ponti, tombini, sottopassi, gallerie artificiali, alleggerimento rilevati e casseforme a perdere e manufatti idraulici quali condotte e canalette);
- **a giunzione continua perforati** tubolari (per la realizzazione di drenaggi)

1.6.1 Manufatti tubolari in lamiera d'acciaio ondulata a piastre multiple

I manufatti tubolari in lamiera d'acciaio ondulata a piastre multiple, unite tra loro mediante giunzioni bullonate, si prestano alla realizzazione di strutture portanti chiuse e condotte aventi sezione:

- circolare (con eventuale preformazione ellittica);
- ribassata, ellittica o policentrica

ovvero alla realizzazione di strutture portanti aperte aventi sezione:

- ad arco (a tutto sesto o semicircolare, ribassato o rialzato)

ovvero alla realizzazione di canalette aventi sezione:

- semicircolare;
- trapezoidale

L'acciaio della lamiera ondulata dovrà avere uno spessore minimo di 1,5 mm con tolleranza a norma UNI EN 10051; dovrà essere del tipo S235JR, secondo la norma UNI EN 10025-2. Sarà pro-



tetto su entrambe le facce da zincatura applicata per immersione a caldo, secondo la norma UNI EN ISO 1461, dopo l'avvenuto taglio e piegatura dell'elemento, con spessori richiesti da ANAS indicati nella tabella seguente:

Tabella2: Valori minimi di spessore di zincatura.

Caratteristica	Metodo di prova	Spessore locale del rivestimento	Massa del rivestimento Locale g/m ²	Spessore medio del rivestimento	Massa media del rivestimento
Zincatura a caldo	UNI EN 1461 UNI EN 14713-1	≥ 70 μm	505 g/m ²	≥ 85 μm	610 g/m ²

Le lamiere finite dovranno essere esenti da difetti come: soffiature, bolle di fusione, macchie, scalfitture, parti non zincate, ruvidità, punte, ecc.

Per la zincatura sui bulloni, si dovrà fare riferimento alla norma UNI EN ISO 10684.

I bulloni di giunzione utilizzati saranno del tipo ad alta resistenza, dovranno appartenere alla classe 8.8, aventi le caratteristiche meccaniche indicate nelle norme UNI EN ISO 898-1 (viti) e UNI EN ISO 898-2 (dadi).

A titolo orientativo, vengono qui di seguito riportati i dati relativi ai tipi commercialmente in uso, non escludendosi la possibilità di adottare, ferme restando la qualità dell'acciaio, dei bulloni e le prescrizioni relative alla zincatura, tipi aventi caratteristiche geometriche similari, rispondenti a tutti i requisiti di stabilità che dovranno risultare da verifiche statiche, estese a tutti gli elementi strutturali, tenendo conto dei carichi esterni applicati e secondo le NTC 2008.

Le piastre standard si identificano in relazione al tipo di ondulazione e per il numero d'intervalli (ovvero la distanza in asse tra due fori adiacenti lungo la giunzione circonferenziale).

In generale, risultano disponibili i seguenti tipi di ondulazione:

T70

Ampiezza dell'onda 67,7 mm, profondità di 12,7 mm.

Il tipo sarà costituito da una o più piastre ondulate curvate ai raggi prescritti (ovvero piegate nel solo caso della sezione trapezoidale per canalette) ed imbullonate.

T100

Ampiezza dell'onda 100 mm, profondità di 20÷22 mm.

Il tipo sarà costituito da una o più piastre ondulate curvate ai raggi prescritti ed imbullonate.

T150

Ampiezza dell'onda 152,4 mm, profondità di 50,8 mm.



Il tipo sarà costituito da una o più piastre ondulate curvate ai raggi prescritti ed imbullonate.

T200

Ampiezza dell'onda 200 mm, profondità di 55 mm.

Il tipo sarà costituito da più piastre ondulate curvate ai raggi prescritti ed imbullonate.

Il tipo di ondulazione è unico per l'intero manufatto mentre il numero di intervalli (forature per le giunzioni con i bulloni), mentre è invece variabile da piastra a piastra in relazione alla configurazione.

1.6.2 Manufatti tubolari in lamiera d'acciaio ondulata a giunzione continua perforati

I tubi per drenaggio avranno struttura portante costituita da lamiera di acciaio con profilatura ondulata con onda elicoidale continua da un capo all'altro di ogni singolo tronco, in modo che una sezione normale alla direzione dell'onda rappresenti una linea simile ad una sinusoide.

L'acciaio della lamiera ondulata dovrà avere uno spessore minimo di 0,8 mm, con tolleranza a norma UNI EN 10051.

La lamiera dovrà essere del tipo S235JR secondo la norma UNI EN 10025-2; nel qual caso, sarà protetta su entrambe le facce da zincatura eseguita secondo la norma UNI EN ISO 1461, dopo l'avvenuta piegatura ed aggraffatura o saldatura a spirale dell'elemento, con spessori richiesti da ANAS indicati nella tabella seguente:

Tabella 3: Valori minimi di spessore di zincatura.

Caratteristica	Metodo di prova	Spessore locale del rivestimento	Spessore medio del rivestimento
Zincatura a caldo	UNI EN 1461 UNI EN 14713-1	$\geq 45 \mu\text{m}$	$\geq 55 \mu\text{m}$

Owero, la lamiera potrà essere del tipo Fe P02 G Z275 secondo la norma UNI EN 10346, prezin-
cata prima della piegatura ed aggraffatura a spirale dell'elemento.

Le suddette protezioni sono idonee ad assicurare la durata del prodotto in condizioni ambientali ordinarie.



A titolo orientativo, vengono qui di seguito riportati i dati relativi ai tipi commercialmente in uso, non escludendosi la possibilità di adottare, ferme restando la qualità dell'acciaio, dei bulloni e le prescrizioni relative alla zincatura, tipi aventi caratteristiche geometriche similari, rispondenti a tutti i requisiti di stabilità che dovranno risultare da verifiche statiche, estese a tutti gli elementi strutturali, tenendo conto dei carichi esterni applicati e secondo le NTC 2008.

In generale, risultano disponibili i seguenti tipi di ondulazione e diametri:

- ampiezza dell'onda 38 o 62 mm, profondità di 6 mm; diametri da 0,08 a 0,50 m;
- ampiezza dell'onda 67,7 mm, profondità di 12,7 mm; diametri da 0,30 a 1,20 m;
- ampiezza dell'onda 76 mm, profondità di 25 mm; diametri da 1,2 a 2,50 m

Sulle condotte saranno praticati dei fori del diametro di 9 mm (tolleranza ± 1 mm), che verranno distribuiti in serie longitudinali, con interasse di 38, 43 o 78 mm, tutti disposti in un quarto di tubo.

I singoli tronchi, la cui lunghezza standard sarà di 6 m, saranno uniti tra loro mediante fasce di giunzione ovvero elementi di raccordo (quali ad esempio curve, innesti, riduttori di sezione, ecc.) da fissare con bulloni.

Gli eventuali bulloni di giunzione utilizzati saranno del tipo ad alta resistenza, dovranno appartenere alla classe 8.8, aventi le caratteristiche meccaniche indicate nelle norme UNI EN ISO 898-1 (viti) e UNI EN ISO 898-2 (dadi).

Come per le lamiere, anche i bulloni saranno protetti da adeguata zincatura applicata per immersione a caldo secondo la norma UNI EN ISO 1461 (oppure meccanicamente secondo la norma EN ISO 12683).

2 ACCETTAZIONE E CONTROLLI

La Direzione Lavori dovrà eseguire i **controlli** per l'accettazione preventiva completa del materiale consegnato.

La **Direzione Lavori** si riserva comunque, ogni volta che lo ritenga opportuno, la facoltà di svolgere **ispezioni in officina/stabilimento**, nonché di richiedere le certificazioni/attestazioni che riterrà opportune, sia per constatare la rispondenza dei materiali impiegati, che le attestazioni di regolarità delle lavorazioni.

Durante la fase di realizzazione delle opere, la Direzione Lavori ha la facoltà di richiedere l'esecuzione di **prove di laboratorio** su campioni rappresentativi della fornitura allo scopo di verificare l'effettiva rispondenza dei dati riportati nelle schede tecniche di prodotto.

I **risultati** delle prove effettuate dovranno essere riportati in appositi verbali.



L'Appaltatore ha la facoltà - qualora lo richieda all'atto della presentazione dei campioni, ovvero prima della data comunicata dalla Direzione Lavori per l'esecuzione delle verifiche in opera - di assistere alle prove o di farsi rappresentare.

L'esito delle prove farà fede a tutti gli effetti.

Nei successivi paragrafi vengono riportate le specifiche che dovranno essere rispettate nella fase di accettazione dei materiali e di realizzazione delle opere, per ciascuna delle diverse tipologie di interventi di sostegno e di difesa del corpo stradale precedentemente descritti.

2.1 Opere di protezione del corpo stradale dalla caduta massi

2.1.1 Disgaggi e demolizioni di massi e volumi di roccia pericolosi

Le attività di rimozione dei massi e/o volumi di roccia pericolosi dovranno essere precedute dalla verifica della documentazione e delle informazioni di seguito elencate:

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELL'INIZIO DEI LAVORI	VERIFICA DOCUMENTAZIONE: <ul style="list-style-type: none">✓ planimetria e sezioni della zona oggetto del lavoro, con l'indicazione delle masse da disgregare;✓ breve relazione sulle modalità di rimozione;✓ documentazione fotografica;✓ data o periodo di esecuzione delle attività.
A FINE LAVORI	ACCERTARE CHE: <ul style="list-style-type: none">✓ tutte le masse identificate come pericolose siano state rimosse;✓ non siano stati provocati danni a manufatti preesistenti;✓ non siano state poste in instabilità ulteriori masse;
A FINE VERIFICHE	<ul style="list-style-type: none">✓ Relazione redatta dall'Impresa che riporti l'esito delle verifiche (controfirmata dalla Direzione Lavori)
NOTA	<i>Se il Direttore Lavori riscontra che un qualsiasi materiale non sia adatto all'impiego DEVE chiederne la sostituzione.</i>

Qualora dovrà essere previsto l'impiego di esplosivi, dovranno anche essere riportate le misure di sicurezza adottate.



Nel caso di impiego di esplosivi, varranno i controlli indicati nelle specifiche relative al loro impiego riportate nel presente Capitolato, oltre che nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Gallerie" di ANAS S.p.A..

2.1.2 Rivestimento di scarpate in roccia con rete metallica

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	<p>RICOGNIZIONE A VISTA:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ controllo che nei punti di torsione della rete lo zinco non presenti sollevamenti o screpolature <p>VERIFICA DOCUMENTAZIONE:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Per ogni partita di rete giunta in cantiere dichiarazione di conformità/prestazione CE e dalla relativa marcatura CE oppure dal Certificato di Idoneità tecnica rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale così come indicato nelle "Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione", approvate dal Consiglio Superiore di LL.PP. con parere n.69 del 2 luglio 2013 ;
ULTERIORI VERIFICHE	<p>PROVE SU CAMPIONI DI FILO:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ (a discrezione della D.L.) prelievo di campioni di filo, ciascuno della lunghezza di almeno 40 cm, in ragione di almeno un campione ogni 300 mq di rete (e, comunque, almeno 1 campione), oltre a 1 campione ogni 10 matasse di filo per cucitura.✓ VERIFICHE DELLA LUNGHEZZA DEGLI ANCORAGGI attraverso la misura dei fori predisposti e la misura delle barre/funi presenti in cantiere predisposte per l'inserimento nei fori
NOTA	<i>Se il Direttore Lavori riscontra la mancanza della certificazione CE la partita sarà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese.</i>

2.1.3 Rivestimento di scarpate o pareti rocciose con pannelli di rete in funi di acciaio e realizzazione del reticolo di contenimento in fune

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI



FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	VERIFICA DOCUMENTAZIONE: ✓ per ogni partita di rete giunta in cantiere, l'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione dei Lavori la certificazione che accerti come tutti i materiali impiegati debbano provenire da fornitori che operano con un sistema qualità certificato, in conformità alle norma UNI EN ISO 9001 in vigore;
ULTERIORI VERIFICHE	PROVE SU CAMPIONI DI FILO: ✓ (a discrezione della D.L.) prelievo di campioni di cavo della lunghezza di almeno 50 cm, in ragione di almeno un campione ogni 200 mq di pannelli posti in opera e, comunque almeno 1, allo scopo di definire la resistenza dell'elemento
NOTA	<i>Se il Direttore Lavori riscontra la mancanza della certificazione la partita sarà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese.</i>

La Direzione dei Lavori procederà alla verifica di ogni partita del materiale utilizzato.

2.1.4 Rivestimento mediante impiego di calcestruzzo spruzzato

La composizione del conglomerato dovrà essere sottoposta dall'Appaltatore alla preventiva approvazione della Direzione Lavori e comprovata da idonea qualificazione e comunque dovrà rispettare quanto riportato nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p." di ANAS S.p.A., al quale si rimanda

2.1.5 Barriere paramassi

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	VERIFICA DOCUMENTAZIONE: ✓ Tutti i materiali e/o componenti (profilati in acciaio, cavi funicolari, reti metalliche, lamiere lisce e sagomate, ecc.) devono essere nuovi di fabbrica ed accompagnati da certificazione di origine e dichiarazioni di conformità, secondo le normative applicabili, ad esempio UNI EN 10025 (mon-



	<p>tanti in acciaio), UNI EN 12385 (funi d'acciaio), UNI EN 10264-2 (zincatura funi), UNI 1461 (zincatura carpenteria metallica), nonché, ove prevista, della attestazione della marcatura CE, ai sensi del Regolamento UE n.305/2011.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Le barriere ad assorbimento di energia dovranno essere accompagnate da certificazione CE, in conformità alla Linea Guida di Benestare Tecnico Europeo ETAG 027. ✓ Il certificato dovrà riportare le specifiche tecniche delle barriere testate, che dovranno essere conformi a quelle di progetto. ✓ L'Appaltatore dovrà preventivamente fornire le sollecitazioni sulle fondazioni corrispondenti a quelle di progetto, la deformata massima della barriera verso valle, nonché adeguata relazione di calcolo per il dimensionamento di tutti gli elementi di fondazione (sottofondazione dei puntoni di sostegno, ancoraggi di monte e laterali, ecc.). ✓ La DI, sulla base delle sollecitazioni sulle fondazioni desunte dalle prove di crash test, potrà effettuare delle prove di efficienza degli ancoraggi ai sensi delle norme AGI-AICAP 2012 a conferma dei calcoli dimensionali forniti. ✓ Elaborati grafici della barriera conformi a quelli di progetto, manuale di installazione e montaggio, manuale di manutenzione di ripristino funzionale. ✓ Copia dell'originale comprovante che il sistema di qualità del produttore dei componenti del sistema barriera paramassi, è conforme alla UNI ISO 9001/2008 ✓ Copia dell'originale comprovante che il produttore dei componenti della struttura è un centro di trasformazione ai sensi delle NTC 2008
DURANTE LA POSA IN OPERA	<p>La D.L., all'inizio delle attività e/o durante il corso dei lavori, potrà ordinare tutte le prove di verifica dimensionale, di resistenza e di zincatura dei vari materiali che riterrà necessario effettuare, nonché della verniciatura protettiva dei profilati metallici.</p>
ULTERIORI VERIFICHE	<p>La DI, sulla base delle sollecitazioni sulle fondazioni desunte dalle prove di crash test, dovrà effettuare delle prove di efficienza degli ancoraggi ai sensi delle norme AGI-AICAP 2012</p>
NOTA	<p><i>Se il Direttore Lavori riscontra la mancanza della certificazione la partita sarà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese;</i></p>

2.1.6 Rilevati per il contenimento dei massi

2.1.6.1 Elementi per il rinforzo dei rilevati per il contenimento dei massi



I rinforzi devono essere Certificati da Istituto o Ente accreditato per la loro idoneità alla realizzazione di valli, tomi e barriere paramassi in terra rinforzata, in base a prove in vera grandezza realizzate secondo normativa UNI 11167-2006 ed attestanti la loro capacità di assorbire impatti con energia ≥ 4.500 kj.

2.1.6.2 Geogriglie in fibra sintetica

Il Sistema Qualità del Produttore deve essere certificato a fronte delle norme UNI EN ISO 9001:2000

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	VERIFICA DOCUMENTAZIONE: <ul style="list-style-type: none">✓ Dichiarazione di conformità/prestazione CE e relativa marcatura CE (con i relativi estremi)✓ Oltre alla verifica della documentazione in accordo con il Capitoli 11.1 delle NTC 2008, la D.L. può ordinare prove specifiche di accettazione, da eseguirsi presso laboratori di cui all'art.59 del DPR 380/2001.
DURANTE LA POSA IN OPERA	In corso d'opera, saranno eseguiti controlli giornalieri sull'applicazione della procedura operative per la posa in opera dei materiali.
NOTA	<i>Se il Direttore Lavori riscontra la mancanza della certificazione la partita sarà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese;</i>

2.2 Gabbionate

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	VERIFICA DOCUMENTAZIONE: <ul style="list-style-type: none">✓ Manuale di installazione e montaggio, manuale di manutenzione di ripristino funzionale.✓ Dichiarazione di conformità/prestazione CE e relativa marcatura CE (con i relativi estremi) rilasciate sulla base di un ETA (indicare il riferimento), per ogni fornitura di rete metallica in cantiere✓ Oltre alla verifica della documentazione in accordo con il Capitoli 11.1 delle NTC 2008, la D.L. può ordinare prove



	<p>specifiche di accettazione, da eseguirsi presso laboratori di cui all'art.59 del DPR 380/2001, su campioni di filo ed elementi di rete, secondo le indicazioni di prova descritte nelle "Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione", approvate dal Consiglio Superiore di LL.PP. con parere n.69 del 2 luglio 2013</p> <ul style="list-style-type: none">✓ La D.L., durante il corso della fornitura, potrà far eseguire prove (di seguito elencate) sulle caratteristiche dei materiali di riempimento su lotti quantitativamente definiti dalla D.L., in funzione delle caratteristiche della cava e del materiale e delle dimensioni del massi e delle opere da realizzare:<ul style="list-style-type: none">non gelivo (norma R.D. n.2232 del 16/11/39) friabilità, dilavabilità, durezza, peso specifico (> 22KN/m³ per i materassi)✓ Prova per la verifica dell'indice di porosità ($0.3 < p < 0.4$) su un campione per ogni tipo di gabbione o materasso da utilizzare.✓ Certificato di analisi della pezzatura del pietrame per ogni lotto della fornitura (prova eseguita in cava)
DURANTE LA POSA IN OPERA	<p>In corso d'opera, saranno eseguiti controlli giornalieri sull'applicazione della procedura operative per la posa in opera dei materiali:</p> <ul style="list-style-type: none">– verifica a spot, sul lotto giornaliero di lavori, della conformità delle legature dei gabbioni e dei materassi a quanto prescritto dal presente Capitolato, sia sui singoli elementi che sugli accoppiamenti e sulle inserzioni di diaframmi di rinforzo– verifica a spot, sul lotto giornaliero di lavori, dell'inserimento di tiranti tra le pareti opposte di ogni singolo elemento di gabbione, nel caso che questo non sia munito di diaframmi intermedi
NOTA	<p><i>Se il Direttore Lavori riscontra la mancanza della certificazione la partita sarà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese;</i></p>

NOTA Ciascun prodotto, nella confezione fornita dal fabbricante, deve chiaramente e costantemente essere riconoscibile attraverso idonea etichettatura dalle quale risultino, in modo inequivocabile, il riferimento al fabbricante, allo stabilimento di produzione ed al lotto di produzione, alle caratteristiche tecniche tipologiche e prestazionali del materiale ed il riferimento della marcatura CE .



2.3 Muri di sostegno

Le strutture di sostegno e contenimento dovranno essere realizzate secondo gli elaborati esecutivi di progetto, redatti nel rispetto delle norme vigenti.

La Direzione Lavori, dopo che il Progettista avrà preso visione dei documenti di cui all'art. 9 della legge n.1086 e s.m.i ed avrà verificato la previsione di utilizzazione del manufatto prefabbricato ed il suo organico inserimento nel progetto, autorizzerà l'Impresa a porre in opera la struttura prefabbricata.

Nella realizzazione dei componenti in conglomerato cementizio vibrato semplice od armato, normale o precompresso, nonché per gli acciai di armatura, dovranno essere rispettate le prescrizioni di cui al "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p." di ANAS S.p.A., al quale si rimanda.

Per le caratteristiche dei geotessili si rimanda al "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Movimenti di terra" di ANAS S.p.A.

Qualora previsto in progetto, i muri potranno avere paramento a faccia vista realizzato con lastre in pietra inglobate nel getto.

2.3.1 Muri di sostegno in muratura

Per quanto concerne le opere di sostegno in muratura di pietrame, si dovrà verificare che la posa in opera e il materiale impiegato soddisfino le prescrizioni riportate nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Murature" di ANAS S.p.A., al quale si rimanda.

2.3.2 Muri di sostegno in calcestruzzo

Per quanto riguarda i calcestruzzi e gli acciai di armatura, valgono le prescrizioni riportate nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p." di ANAS S.p.A., al quale si rimanda.

2.3.3 Muri di sostegno in elementi prefabbricati (c.a.v. e c.a.p.)

Per quanto riguarda il trasporto, la movimentazione e le tecniche di messa in opera degli elementi e del complesso strutturale, l'Impresa dovrà fare riferimento ai documenti di progetto, che dovranno contenere tutte le indicazioni del caso, come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 14-01-2008), nel rispetto delle responsabilità e competenze delle diverse figure professionali stabilite dalle stesse Norme.



Al § 4.1.10 del D.M. 14-01-2008 sono riportate le definizioni e le caratteristiche di conformità degli elementi prefabbricati prodotti in serie dichiarata e/o controllata.

L'Impresa dovrà far pervenire alla Direzione dei Lavori, all'atto della fornitura, i documenti di accompagnamento previsti al § 11.8.5 del D.M. 14-01-2008. In particolare, la Direzione Lavori controllerà che gli ambiti di competenza di ciascuna figura professionale richiamata dal citato decreto siano stati rispettati.

Le eventuali forniture non conformi alle succitate disposizioni saranno rifiutate.

Si precisa che a tutti gli elementi prefabbricati dotati di marcatura CE si applica quanto riportato nei punti A) oppure C) del § 11.1 del D.M. 14-01-2008. In tali casi, inoltre, si considerano assolti i requisiti procedurali di cui al deposito ai sensi dell'art.9 della Legge 05.11.71 n.1086 ed alla certificazione di idoneità di cui agli artt. 1 e 7 della Legge 02.02.74 n.64. Ai fini dell'impiego, tali prodotti devono comunque rispettare, laddove applicabili, i §§ 11.8.2, 11.8.3.4 ed 11.8.5 del D.M. 14-01-2008, per quanto non in contrasto con le specifiche tecniche europee armonizzate.

Ai fini della verifica di quanto sopra, l'Impresa dovrà consegnare alla Direzione Lavori, all'atto della fornitura, tutta la documentazione inerente la marcatura CE dei manufatti.

2.3.4 Opere di sostegno in terra rinforzata

Per quanto riguarda questa tipologia di opere, si richiede che i materiali impiegati e le loro modalità di posa in opera, soddisfino i requisiti indicati nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Movimenti di terra" di ANAS S.p.A., al quale si rimanda.

2.4 Opere di difesa spondale

Vengono di seguito riportate le specifiche relative ai controlli da effettuare per le opere in pietra-
me da realizzare per la difesa spondale; per quanto riguarda i gabbioni da porre in opera per gli
stessi scopi, si rimanda a quanto riportato nel precedente paragrafo 2.2.

2.4.1 Opere in pietra- me: controlli dei massi e loro posizionamento

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	✓ Classificazione mediante pesatura a spot, con la bascula disponibile in cantiere e suddivisione dei massi in base alle categorie riportate al paragrafo 1.4.2 del presente Capitolato. Ogni mucchio dovrà riportare chiare indicazioni sulla classe dei massi in esso contenuti



	<ul style="list-style-type: none">✓ Verifica dell'assenza di rotture o lesioni, da effettuare a spot per i massi fino alla terza categoria e su ogni singolo, masso per le categorie superiori.
DURANTE LA POSA IN OPERA	<p>In corso d'opera, potranno essere eseguiti controlli giornalieri sull'applicazione della procedura operative per la posa in opera dei materiali:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Controllo che venga rispettato il posizionamento dei massi secondo le dimensioni, così come prescritto dal presente Capitolato e la ripartizione proporzionale delle varie categorie prescritta dal progetto.✓ Provvedere all'eliminazione incondizionata di tutti i massi che, durante la posa, dovessero cadere fuori sagoma.
PROVE SUI MATERIALI	<p>Accertamento delle caratteristiche dei massi:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ l'Impresa, a sua cura e spese, dovrà predisporre, per l'invio a laboratorio, campioni costituiti da una serie di 24 cubi a facce perfettamente piane e parallele e con spigoli regolari delle dimensioni di 10 cm, oltre che da una serie di 8 cubi con spigoli di 3 cm; su ciascun campione, dovranno essere indicate le facce parallele al piano di giacitura in cava.✓ La forma dei massi sarà tale che, inscrivendo ogni masso in un parallelepipedo, il minore dei lati del parallelepipedo circoscritto non risulterà inferiore alla metà del lato maggiore dello stesso. La Direzione Lavori ha la facoltà di integrare le prove sopra prescritte con prove di caduta massi direttamente in cava, secondo modalità fissate dalla stessa.

Tutte le prove di cui sopra saranno effettuate all'inizio della fornitura.

NOTA Per la classificazione dei massi secondo le categorie di cui al paragrafo 1.4.2, l'Impresa dovrà disporre di:

- una bilancia tarata, della portata non inferiore a 20 tonnellate, per la pesatura dei massi che verranno approvigionali con mezzi terrestri; tale bilancia sarà del tipo a registrazione automatica e dovrà essere montata attuando ogni accorgimento per la perfetta regolarizzazione del piano di appoggio;
- mezzi fluviali, utilizzati per la formazione ed il ricarico delle scogliere radenti e dei pennelli, dotati di appositi dinamometri tarati per la determinazione del peso di ciascun masso

2.4.1.1 Prismi in conglomerato cementizio

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA



PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ l'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori, dovrà procedere al picchettamento della difesa, riportando fedelmente sul terreno il tracciato indicato in progetto ✓ I prismi dovranno presentare facce piane, avere aspetto compatto e regolarità di forma; la Direzione Lavori rifiuterà quelli che non rispondessero alle caratteristiche di cui sopra. ✓ controllo della resistenza del conglomerato: si procederà secondo le prescrizioni riportate nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche "Calcestruzzi ed acciai per c.a. e c.a.p." al quale si rimanda, con l'avvertenza che l'Impresa non dovrà porre in opera i prismi prima che siano state effettuate le prove per la determinazione della resistenza e prima che la Direzione Lavori abbia terminato le operazioni di conteggio
----------------------------	---

NOTA Il trasporto in cantiere dei prismi non potrà aver luogo prima che siano trascorsi 30 giorni dalla data del loro confezionamento ed, in ogni caso, solo previa autorizzazione della Direzione Lavori.

2.5 Manufatti per lo smaltimento delle acque dal corpo stradale

2.5.1 Tubazioni

Affinché il lotto di materiale possa essere accettato da parte della Direzione Lavori deve sottostare ai seguenti requisiti:

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ essere prodotto e fornito da una Ditta che possieda un Sistema Qualità aziendale conforme alla norma UNI EN ISO 9001:2000, ✓ riportare impresso indelebilmente su ogni elemento costituente il lotto: <ul style="list-style-type: none"> • Nome del fabbricante o il suo codice di riferimento • Diametro nominale • Classe di riferimento • Data di produzione • Norma di riferimento



	<ul style="list-style-type: none"> • Simbolo di identificazione dell'Ente di certificazione, attestante la conformità alla norma di settore; ✓ Essere corredato del certificato di collaudo del fabbricante con i relativi risultati dei test di fabbrica. ✓ Essere dotato di marcatura CE riportata su ogni elemento del lotto.
ULTERIORI VERIFICHE	<p>Prima di procedere alla posa in opera, si dovrà procedere ad una Ispezione Visiva:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ i tubi dovranno essere controllati uno ad uno per scoprire eventuali difetti. ✓ Le code, i bicchieri, le guarnizioni devono essere integre. <p>La DL potrà effettuare controlli dimensionali nonché prove di tenuta idraulica. La Direzione Lavori si riserva in ogni caso il diritto di far effettuare in stabilimento, verifiche e prove di accertamento della qualità delle forniture</p>
NOTA	<i>Se il Direttore Lavori riscontra la mancanza della certificazione la partita sarà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese;</i>

2.5.2 Cunette

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	<p>VERIFICA DOCUMENTAZIONE:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ per ogni partita di cunette giunta in cantiere, l'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione dei Lavori la certificazione che accerti come tutti i materiali impiegati debbano provenire da fornitori che operano con un sistema qualità certificato, in conformità alle norma UNI EN ISO 9001 in vigore; ✓ Dichiarazione di conformità/prestazione CE e relativa marcatura CE (con i relativi estremi)
ULTERIORI VERIFICHE	<p>PROVE SU CAMPIONE:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ (a discrezione della D.L.) prelievo di almeno un campione per ogni partita posti in opera allo scopo di definire la resistenza dell'elemento
NOTA	<i>Se il Direttore Lavori riscontra la mancanza della certificazione la partita sarà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese;</i>



2.6 Manufatti in lamiera d'acciaio ondulata

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	<ul style="list-style-type: none">✓ Controllo della produzione in stabilimento✓ L'Impresa, per ogni singolo manufatto, dovrà richiedere al produttore la certificazione attestante il regime di assicurazione di qualità. Inoltre, secondo quanto stabilito dall'art. 58 del DPR 6 giugno 2001, n. 380 e s.m.i., dovrà fornire la seguente certificazione e documentazione:<ul style="list-style-type: none">• documentazione, di cui all'art. 58 lett. a), b), c), d) del DPR 6 giugno 2001, n. 380 e s.m.i.;• Progetto Esecutivo dell'opera, adattato alla situazione effettiva del luogo, con le caratteristiche geometriche, lo spessore delle lamiere, le modalità ed i particolari di montaggio; il suddetto progetto dovrà essere corredato del Piano di Manutenzione;• Relazione di calcolo, con la verifica della stabilità statica della struttura in funzione delle dimensioni, delle specifiche condizioni di carico nonché dei carichi accidentali. La verifica della stabilità statica delle strutture sarà effettuata in funzione dei diametri e dei carichi esterni applicati, adottando uno dei metodi previsti nelle NTC 2008.✓ Verifica dell'assenza di soffiature, bolle di fusione, macchie, scalfitture, parti non zincate, ecc..✓ Prelevo campioni (elementi della fornitura ad es. lamiere o tubiperforati) all'arrivo in cantiere. La frequenza dei prelievi sarà di un elemento per ogni partita di 10 t di materiale e, comunque, non meno di uno per ogni singolo manufatto;✓ Dichiarazione di conformità/prestazione CE e relativa marcatura CE (con i relativi estremi)
DURANTE LA POSA IN OPERA	verifica che l'appoggio dell'elemento sia costituito da un letto uniforme, omogeneo, stabile, resistente, evitando la posa in opera direttamente su fondo roccioso o su una piattaforma di calcestruzzo, rispettando le indicazioni riportate nel presente Capitolato
PROVE SUI MATERIALI	Accertamento delle caratteristiche della fornitura attraverso prove chimiche e meccaniche: <ul style="list-style-type: none">✓ Resistenza a rottura acciaio, spessore elemento, peso e spessore rivestimento zinco su entrambe le facce (UNI 11406), presenza del rame nell'acciaio nelle prescritte quantità;



	<ul style="list-style-type: none">✓ Nel caso in cui gli accertamenti su un elemento non trovino corrispondenza alle caratteristiche previste ed il materiale presenti evidenti difetti, saranno presi in esame altri 2 elementi; se l'accertamento di questi 2 elementi è positivo si accetta la partita, se negativo si scarta la partita. Se un elemento è positivo e l'altro no, si controllano 3 elementi, se uno di questi è negativo si scarta la partita.✓ I pesi, in rapporto allo spessore dei vari diametri impiegati, dovranno risultare da tabelle fornite da ogni fabbricante, con tolleranza del $\pm 5\%$ ($\pm 4\%$ per i manufatti tubolari perforati in lamiera ondulata)
--	--

La Direzione Lavori si riserva di far assistere proprio personale alla posa in opera degli elementi componenti i manufatti (lamiera o tubi perforati) allo scopo di controllare la corretta esecuzione secondo le prescrizioni indicate nel presente CSA.

2.7 Laboratori accreditati

Le **prove di qualifica** eseguite in integrazione alla **Marcatura CE**, nonché le **prove di collaudo o verifica** eseguite sui materiali o sui singoli componenti dei sistemi di protezione acustica, dovranno essere effettuate da **laboratori accreditati** secondo la Norma ISO 17025 da Ente ACCREDIA, da Enti equivalenti europei affiliati all'associazione degli organismi di accreditamento europei EA (<http://www.european-accreditation.org>), ovvero dai laboratori del Centro Ricerca di Cesano - ANAS.

3 MODALITÀ DI ESECUZIONE

3.1 Disgaggio

Nel caso siano presenti reti addossate sulla parete, è necessario prevedere il loro taglio parziale e la creazione di aperture, che dovranno essere ripristinate al termine dei lavori.

Le lavorazioni verranno svolte essenzialmente con attrezzi a mano, da parte di un operatore in parete che provvederà, durante la calata, alla rimozione di tutti gli elementi instabili individuati in progetto.

Dopo la rimozione della porzione di roccia, la nicchia dovrà essere accuratamente ripulita dagli elementi lapidei più piccoli eventualmente presenti.

Durante la fase di discesa, si dovranno rimuovere tutti gli elementi instabili che potrebbero essere mobilitati dalle oscillazioni della corda.



Le leve manuali e gli altri attrezzi occorrenti, nonché tutta l'attrezzatura necessaria per le lavorazioni, verranno collegati all'operatore mediante cordini di sicurezza, per evitare la loro caduta accidentale.

Per il taglio della vegetazione, l'operatore, calato lungo la parete con le medesime modalità delle operazioni di disgiungimento, giunto in corrispondenza dell'elemento vegetale da rimuovere, provvederà al taglio "a raso" dello stesso, utilizzando a tale proposito l'apparecchiatura più appropriata.

Si dovrà inoltre procedere alla verifica se l'apparato radicale avrà causato l'eventuale instabilità di porzioni lapidee; ove necessario, si procederà quindi alle operazioni di disgiungimento, secondo le modalità precedentemente enunciate.

La ceppaia restante dovrà essere trattata con opportuna sostanza antivegetativa, al fine di impedire l'ulteriore azione dell'apparato radicale.

Nella fase preliminare all'esecuzione dei lavori, si dovranno predisporre tutti gli accorgimenti atti alla messa in sicurezza della sede stradale (eventuale barriera provvisoria di protezione, segnaletica, eventuale chiusura al traffico o traffico alternato, ecc.).

Gli operatori dovranno essere dotati di tutte le attrezzature alpinistiche di progressione (discensore, bloccanti, ecc.) e le procedure operative dovranno rispondere ad adeguati standard di sicurezza secondo i disposti legislativi (D.Lgs. 81/08 e s.m.i.).

La posizione e l'estensione di tali dispositivi di protezione e sicurezza dovrà essere preventivamente approvata dalla Direzione dei Lavori.

3.2 Demolizioni di volumi rocciosi in equilibrio precario

Le operazioni di demolizione dovranno predisporre la pendice all'accoglimento in sicurezza degli interventi di rete e rinforzo corticale, nonché ad una diminuzione del rischio potenziale, nel caso di opere paramassi o qualsiasi altra struttura che non sia adagiata sulla parete rocciosa.

Nella fase preliminare all'esecuzione dei lavori, si dovranno predisporre tutti gli accorgimenti atti alla messa in sicurezza della sede stradale e di opere adiacenti (eventuale barriera provvisoria di protezione, segnaletica, chiusura strada o traffico alternato, eventuali assicurazioni ed evacuazioni, ecc.).

La posizione e l'estensione di tali dispositivi di protezione e sicurezza dovrà essere preventivamente approvata dalla Direzione dei Lavori.

Le modalità di calata, le modalità di lavoro e le attrezzature impiegate saranno le stesse di quelle già viste per il disgiungimento.

3.2.1 Demolizioni con l'impiego di attrezzature idrauliche

La demolizione ed l'abbattimento di porzioni di roccia in equilibrio precario viene eseguito con l'utilizzo di attrezzature idrauliche ad alta pressione, quali martinetti ed allargatori.



I martinetti verranno azionati da pompa manuale, dotata di deviatori, al fine di poter azionare il martinetto successivo senza asportare il precedente.

I martinetti, così come gli utensili impiegati, verranno assicurati all'operatore con cordini di sicurezza.

Dopo l'asportazione del masso la nicchia di distacco verrà ripulita accuratamente.

3.2.2 Demolizioni con l'impiego di agenti chimici non esplosivi

La demolizione e l'abbattimento di porzioni di roccia in equilibrio precario viene eseguito mediante l'impiego di agenti chimici non esplosivi.

Il volume roccioso da demolire verrà predisposto all'accoglimento di tali agenti non esplosivi, realizzando, con perforatrice a rotopercolazione, dei fori del diametro non superiore a 45 mm.

I fori, prima del colamento al loro interno della sostanza, dovranno essere accuratamente puliti con aria compressa.

Quando esiste il pericolo di distacchi improvvisi, il volume roccioso dovrà essere, se necessario, rivestito con rete metallica posta in aderenza ed accuratamente ancorata all'intorno.

La spaziatura dei fori dovrà essere stabilita in base alla profondità delle perforazioni, ai volumi da demolire ed al tipo di sostanza chimica impiegata, secondo una maglia il più possibile regolare, generalmente avente lato non superiore ai 35 cm circa e, comunque, secondo le indicazioni progettuali.

La sostanza chimica dovrà essere maneggiata seguendo le norme di sicurezza riportate sulla confezione, avendo cura di formularne la composizione, tenendo conto dei fattori ambientali (temperatura e umidità) e dei tempi di reazione richiesti.

Trascorso il tempo necessario per la reazione chimica e dopo aver constatato il crollo della parte principale del masso roccioso in demolizione, si dovrà procedere alla accurata pulizia di tutti gli elementi lapidei rimasti nella nicchia di distacco, con l'impiego delle attrezzature più idonee.

3.2.3 Demolizioni con l'impiego di esplosivi

La demolizione e l'abbattimento di porzioni di roccia in equilibrio precario viene eseguito mediante l'impiego di esplosivi.

Il volume roccioso da demolire verrà predisposto all'accoglimento dell'esplosivo realizzando, con idonea perforatrice, dei fori del diametro non superiore a 45 mm.

Prima della posa in opera dell'esplosivo, i fori dovranno essere accuratamente puliti con aria compressa.

La spaziatura e la profondità dei fori, nonché l'entità delle cariche ed il tipo di esplosivo, dovranno essere accuratamente valutati in funzione del tipo di intervento da effettuare, questo in funzione anche del grado di comminazione richiesto, al fine della salvaguardia delle opere di presidio della



strada (muri, opere di drenaggio, ecc.), che potrebbero non tollerare l'impatto con massi di grosse dimensioni; le suddette indicazioni dovranno essere riportate negli elaborati di progetto.

Quando esiste il pericolo di distacchi improvvisi, il volume roccioso dovrà essere, se necessario, rivestito con rete metallica e/o altro artificio, posti in aderenza e accuratamente ancorati all'intorno.

Nella bonifica di interi versanti, si dovrà operare in maniera tale da operare per trincee orizzontali, a partire dall'alto verso il basso.

E' fatto divieto di utilizzare, in parete, detonatori a fuoco con micce a lenta combustione.

Si rende obbligatorio l'impiego di inneschi elettrici e, nel caso di lavori montani, si dovrà fare uso di inneschi elettrici ad alta intensità o nonel.

Gli esplosivi dovranno viaggiare separati dagli inneschi.

E' fatto divieto di lasciare, durante il brillamento, delle corde srotolate in parete.

Dopo il brillamento, si dovrà procedere ad una accurata pulizia di tutti gli elementi lapidei rimasti nella nicchia di distacco, operando con gli strumenti idonei.

Saranno a carico dell'Appaltatore:

- Rispetto delle leggi e delle normative vigenti, oltre alla richiesta ed all'ottenimento dei permessi delle competenti Autorità
- Polvere, micce, detonatori e tutto il materiale protettivo occorrente per il brillamento delle mine, compresa l'esecuzione di fori, ecc.
- Mezzi, materiali e personale qualificato occorrente per l'esecuzione dei lavori nel rispetto delle norme di sicurezza vigenti
- Coordinamento nei tempi di esecuzione, in accordo al programma di costruzione e nel rispetto dei vincoli e delle soggezioni derivanti dalle altre attività in corso e dalle situazioni locali
- Eventuali assicurazioni ed evacuazione di fabbricati

3.3 Perforazione

Le attrezzature, del tipo idraulico o pneumatico, dovranno essere facilmente trasportate, spostate e posizionate nei punti di perforazione.

La perforatrice dovrà essere generalmente fissata alla parete rocciosa mediante tasselli ad espansione o ancoraggi preventivamente scelti o realizzati appositamente, al fine di garantire la voluta inclinazione.

Dovrà essere predisposta una opportuna controventatura con tirfor o funi.

Lungo i pendii acclivi, la macchina potrà essere collocata su idonea attrezzatura che verrà movimentata lungo il pendio con motoverricelli.

Raggiunta la profondità richiesta, il perforo dovrà essere ripulito dai detriti con aria compressa.



Nel caso di utilizzo di rivestimenti associati alla perforazione, questi saranno di acciaio, le cui dimensioni (spessore tubo, diametro interno, diametro esterno e lunghezza spezzoni) saranno funzione del diametro del perforo e delle caratteristiche dell'attrezzatura di perforazione.

La necessità di impiego del rivestimento provvisorio è da verificarsi caso per caso, in relazione alle reali caratteristiche del terreno incontrato e, comunque, dovrà essere autorizzato dalla Direzione Lavori.

L'Appaltatore potrà impiegare rivestimenti con diverse caratteristiche, in relazione all'attrezzatura di lavoro scelta, informando preventivamente la Direzione Lavori.

Nel caso si preveda la realizzazione di ponteggi per la messa in sicurezza alle operazioni di perforazione, questi potranno essere realizzati a parete ovvero appoggiati direttamente alla base della parete stessa. I ponteggi sospesi verranno assicurati alla parete mediante l'impiego di tasselli ad espansione o fittoni resinati, collocati in fori allo scopo realizzati e, inoltre, dovranno essere adeguatamente progettati e dimensionati. All'estremità opposta del tassello dovrà essere predisposto un manicotto sagomato, che costituisce il contrasto con l'espansione e permette l'aggancio con i morsetti dei ponteggi tubolari.

E' fatto divieto di fissare le apparecchiature di perforazione direttamente al ponteggio.

Le lavorazioni dovranno essere tassativamente sospese durante le manifestazioni temporalesche.

3.4 Sistemi di rivestimento delle scarpate

3.4.1 Rivestimento di scarpate in roccia con rete metallica

Dopo le operazioni di pulizia e disgaggio, lungo il bordo superiore verranno realizzati degli agganci provvisori in ferro sagomato.

Nel caso siano presenti reti addossate sulla parete, è necessario prevedere il loro taglio parziale e la creazione di aperture, che dovranno essere ripristinate al termine dei lavori.

Si procederà, quindi, alla stesa di un cavo metallico passante per gli agganci, con diametro $\phi \geq 6$ mm, al quale verranno fissate provvisoriamente i teli di rete.

I rotoli di rete, preparati e catalogati in funzione dell'area da rivestire, verranno sollevati con l'impiego di mezzi opportuni (autogru, camion gru, elicottero, verricelli, ecc.) fino al bordo superiore, dove dovranno essere fissati, con funi o moschettoni, al cavo provvisorio.

I rotoli verranno stesi secondo le linee di massima pendenza e guidati da due operatori in parete, con l'intento di rivestire con continuità la parete.

Nell'eventualità che siano presenti degli elementi aggettanti, verranno stesi dei cavi di acciaio orizzontali, fissati ad ancoraggi provvisori, al fine di consentire l'aderenza della rete alla parete.



I teli di rete, una volta stesi lungo la scarpata, dovranno essere collegati tra loro ogni 20 cm con idonee cuciture (non meno di due giri di filo) eseguite con filo avente le stesse caratteristiche di quello della rete e diametro pari a 2,20/3,00 mm o con punti metallici meccanizzati di diametro $\geq 3,00$ mm e carico di rottura ≥ 1770 N/mm².

Nella esecuzione dei fori, l'Appaltatore dovrà avere cura di posizionarli nei punti dove la roccia si presenta più sana e compatta.

La rete verrà ripiegata intorno all'armatura del cordolo, realizzata con tondino per c.a. ad aderenza migliorata. Nelle asole degli ancoraggi di sommità e di piede viene steso un cavo in acciaio zincato. Il cavo, dopo essere stato tesato con attrezzo di trazione da 800 kg, viene fissato agli ancoraggi perimetrali, con coppia di idonei morsetti (tipo a cavallotto).

I bordi sommitali e di piede della rete dovranno essere adeguatamente collegati ai cavi di acciaio. Lungo la fune di contenimento al piede, almeno ogni 10 m, dovrà essere predisposta un'asola con diametro minimo di 1 m, attrezzata con una morsa in semigusci di fusione, avente la funzione di consentire il rapido scarico dei materiali eventualmente trattenuti a tergo della stessa rete.

Sulla rete potrà essere predisposto un rafforzamento, mediante la formazione di un reticolo di funi di contenimento costituito da un'orditura romboidale ed, eventualmente, anche da un'orditura verticale, entrambe in fune metallica del diametro previsto negli elaborati di progetto e comunque $\phi \geq 12,0$ mm

La fune, che sarà fatta passare in corrispondenza degli incroci all'interno degli ancoraggi, verrà tesata e bloccata con relativi morsetti in conformità alla norma UNI EN 13411-5.

I cavi posti in opera dovranno essere tagliati con idonea cesoia, dopo aver nastrato accuratamente il tratto interessato dal taglio.

I cavi saranno fissati ad una estremità con idonei morsetti (tipo a "cavallotto"), in numero conforme alla normativa, ovvero in funzione del diametro del cavo.

All'altra estremità verrà posizionato l'attrezzo di trazione manuale, per la tesatura del cavo fino alla massima trazione.

Si procederà quindi al bloccaggio del cavo con morsetti di caratteristiche analoghe a quelle viste in precedenza e con le medesime modalità.

3.4.2 Rivestimento di scarpate o pareti rocciose con pannelli di rete in funi di acciaio

I pannelli di rete in trefolo saranno ancorati alla parete con disposizione e frequenza indicata negli elaborati di progetto in funzione delle caratteristiche della roccia e, comunque, con densità pari ad almeno n. 1 ancoraggio per ogni angolo del pannello e, in ogni caso, con interasse non superiore a 3 m, mediante ancoraggi in barra di acciaio zincato.

Gli incroci delle funi devono essere idoneamente vincolati.

Il carico di rottura a strappo minimo del nodo di giunzione degli incroci fra le funi dovrà essere ≥ 22 kN.



Nella esecuzione dei fori, l'Appaltatore dovrà avere cura di posizionarli nei punti dove la roccia si presenta più sana e compatta, oltre che secondo la predisposizione prevista in progetto.

Il collegamento fra i pannelli rete in fune e gli ancoraggi predisposti sarà realizzato con fune di acciaio della stessa tipologia e diametro di quella costituente l'orditura della maglia, in modo da creare una idonea cucitura fra gli stessi. Tali funi saranno tesate e bloccate con i relativi morsetti, in conformità alla norma UNI EN 13411-5.

Si provvederà all'ancoraggio dei pannelli di rete alla parete con opportuni ancoraggi, la cui disposizione e frequenza, funzione delle caratteristiche della roccia, è indicata negli elaborati di progetto,.

Sui pannelli, potrà essere predisposto un rafforzamento mediante la formazione di un reticolo di contenimento

Tale rafforzamento verrà realizzato predisponendo, sulla parete, l'ubicazione dei punti di perforazione secondo il reticolo previsto in progetto.

Predisposti gli ancoraggi, realizzati con cavo metallico ad anima tessile o con barre di metallo, si procederà alla loro cementazione ed alla loro stesura, facendoli passare all'interno delle asole terminali degli ancoraggi di attacco precedentemente realizzati.

I cavi posti in opera verranno tagliati con idonea cesoia, dopo aver nastrato accuratamente il tratto interessato dal taglio.

I cavi saranno fissati ad una estremità con idonei morsetti (tipo a "cavallo"), in numero conforme alla Normativa ovvero in funzione del diametro del cavo. (UNI EN 13411-5)

All'altra estremità, verrà posizionato l'attrezzo di trazione manuale, per la tesatura del cavo fino alla massima trazione.

Si procederà quindi al bloccaggio del cavo, con morsetti di caratteristiche analoghe a quelle viste in precedenza e con le medesime modalità.

3.4.3 Realizzazione del reticolo di contenimento in fune

L'intervento consiste nel sovrapporre ad uno dei sistemi di protezione semplice (rete metallica in aderenza, pannelli in aderenza, rete ad anelli in aderenza), un reticolo di funi a disposizione romboidale ed eventualmente verticale.

la fune viene fatta discendere dall'alto verso il basso collegando obliquamente due serie di ancoraggi adiacenti secondo una linea a zig-zag, passando in corrispondenza agli incroci all'interno degli ancoraggi, sarà tesata e bloccata con relativi morsetti in conformità alla norma UNI EN 13411-5;



sulla sommità ed alla base, le funi del reticolo di contenimento sono bloccate sulle asole degli ancoraggi precedentemente realizzati per il posizionamento del sistema di protezione; altri ancoraggi devono essere posizionati sui bordi laterali dell'intervento e sugli incroci del reticolo romboidale in fune

- le barre di ancoraggio sono infisse nel terreno previa formazione di fori di diametro non inferiore a $\varnothing = 32.0$ mm ed iniettati con boiaccia di cemento additivata con prodotti antiritiro;
- il collegamento delle funi del reticolo agli ancoraggi si realizza con un asola e morsetti (tipo DIN741 $\varnothing 12$ mm, in quantità di 3 per ogni asola)

Tale rafforzamento verrà realizzato predisponendo sulla parete l'ubicazione dei punti di perforazione secondo il reticolo previsto in progetto.

Predisposti gli ancoraggi realizzati con cavo metallico ad anima metallica o con barre di metallo, si procederà alla loro cementazione ed alla loro stesura, facendoli passare all'interno delle asole terminali degli ancoraggi di attacco precedentemente realizzati.

I cavi posti in opera verranno tagliati con idonea cesoia, dopo aver nastrato accuratamente il tratto interessato dal taglio.

I cavi saranno fissati ad una estremità con idonei morsetti (tipo a "cavallotto"), in numero conforme alla Normativa ovvero in funzione del diametro del cavo. (UNI EN 13411-5)

All'altra estremità verrà posizionato attrezzo di trazione manuale, per la tesatura del cavo fino alla massima trazione.

Si procederà, quindi, al bloccaggio del cavo con morsetti di caratteristiche analoghe a quelle viste in precedenza e con le medesime modalità.

3.4.4 Imbragaggio di grossi volumi rocciosi instabili

L'imbragaggio di volumi rocciosi instabili può essere effettuato con l'impiego di una fasciatura in funi metalliche

Dopo aver tracciato i punti di perforazione degli ancoraggi, si procederà alla loro esecuzione con l'impiego di idonea macchina perforatrice.

All'interno dei fori, dopo la cementazione, verranno posti in opera gli ancoraggi

Le barre di ancoraggio sono infisse nel terreno previa formazione di fori di diametro non inferiore a $\varnothing = 45.0$ mm, iniettati con boiaccia di cemento additivata con prodotti antiritiro.

La cementazione verrà eseguita a gravità prima dell'inserimento degli ancoraggi, con le metodologie descritte nel precedente paragrafo relativo alla perforazione.

I cavi posti in opera saranno tagliati con idonea cesoia dopo aver nastrato accuratamente il tratto interessato dal taglio.



I cavi saranno fissati ad una estremità con idonei morsetti (tipo a "cavallotto") in numero conforme alla normativa, ovvero in funzione del diametro del cavo - UNI EN 13411-5

All'altra estremità verrà posizionato l'attrezzo di trazione manuale, per la tesatura del cavo fino alla massima trazione.

Si procederà quindi al bloccaggio del cavo con morsetti di caratteristiche analoghe a quelle viste in precedenza e con le medesime modalità, ovvero con altri accorgimenti tecnici che garantiscano le medesime prestazioni.

Le modalità di calata, le modalità di lavoro e le attrezzature impiegate saranno le stesse di quelle già viste per il disaggio.

3.4.5 Rivestimento mediante impiego di calcestruzzo spruzzato

Prima dell'applicazione, la superficie dovrà essere preparata eseguendo i lavori preliminari di seguito descritti.

Nel caso di supporto costituito da terreno o ammasso roccioso:

- rimozione di blocchi instabili o materiale incoerente;
- preumidificazione della superficie, se questa è assorbente;
- captazione e/o controllo preventivo delle venute d'acqua

Nel caso di ripristino di strutture esistenti:

- rimozione dello strato incoerente o fortemente degradato

Si procederà alla stesa ed al fissaggio sulle pareti sub-verticali di idonea armatura, così come prevista negli elaborati di progetto.

Le eventuali reti di armatura dovranno essere posate e fissate in modo da consentire sia il loro corretto ricoprimento, che di impedire la formazione di vuoti a tergo.

Le reti di armatura dovranno essere fissate con almeno 3 chiodi/m², su un primo strato di conglomerato proiettato dello spessore di almeno 2-3 centimetri, per evitare movimenti o distacchi durante la successiva proiezione.

Qualora il progetto preveda uno spessore di calcestruzzo proiettato maggiore di 15 centimetri, ovvero le condizioni operative di fatto producano spessori maggiori di 15 cm, dovrà essere prevista una seconda armatura da fissare con almeno 3 chiodi/m², sul doppio strato già in opera, in modo tale da garantire un copriferro finale di almeno 4 centimetri.

Il fissaggio dell'armatura avverrà a mezzo di staffe in acciaio aventi, di norma, il diametro di 10 mm e la lunghezza non inferiore a 40 cm, preventivamente trattate con antiruggine.

Nel caso di impiego di reti di armatura disposte in più strati, la distanza fra gli strati dovrà essere compresa fra 30 e 50 mm, in relazione al diametro massimo degli aggregati.



La distanza fra le reti dovrà essere assicurata da idonei distanziatori in numero adeguato, ovvero mediante presagomature delle reti stesse.

Gli inserti, quali ad esempio le canalette di drenaggio, casseforme a perdere ed altri dispositivi che debbano essere inglobati nel calcestruzzo, dovranno essere saldamente fissati e lo spessore del loro ricoprimento dovrà superare i 4 cm.

I costituenti per la realizzazione della miscela base (cemento, aggregati, aggiunte, acqua, eventuali additivi e fibre) dovranno essere mescolati per il tempo sufficiente a fornire una miscela omogenea, secondo le prescrizioni riportate nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p." di ANAS S.p.A.

Sulle pareti sub-verticali, dopo un'accurata bagnatura, si procederà all'esecuzione del rivestimento con malta di cemento.

Lo spessore reso di tale strato di rivestimento non dovrà mai essere inferiore a 3 cm.

Durante la stesa dell'armatura metallica, l'Appaltatore dovrà provvedere a riquadrare la stessa sui lati ed in corrispondenza di necessari giunti di dilatazione, a mezzo di tondino di ferro del diametro di 4 o 6 mm, secondo le disposizioni che a tale proposito verranno impartite dalla Direzione dei Lavori.

Qualora i lavori venissero eseguiti in presenza di traffico, durante la loro esecuzione l'Appaltatore dovrà evitare, con ogni mezzo, qualsiasi ingombro della sede stradale e dovrà preservare, a sua cura e spese, l'efficienza sia del piano viabile bitumato che dell'impianto segnaletico esistente nel tratto stradale interessato dai lavori.

In particolare, si dovrà curare l'aderenza del getto alla pareti, al fine di evitare vuoti a tergo del getto.

La proiezione dovrà avvenire ad umido, attraverso un procedimento in cui una pompa spinge la miscela, composta da aggregati, cemento ed acqua senza accelerante, in sospensione in un getto d'aria compressa, nel condotto, mentre l'accelerante viene introdotto e mescolato nella lancia.

Il dosaggio dell'accelerante dovrà avvenire esclusivamente a mezzo di dosatori sincronizzati con la pompa e regolati con il flusso di miscela cementizia, in modo da mantenere sempre costante il dosaggio di additivo.

La distanza fra la lancia e la superficie da trattare è funzione della velocità di uscita della miscela da proiettare; in generale questa distanza dovrà essere compresa tra 0,50 e 1,50 m.

Il numero di passate per ottenere lo spessore previsto sarà il più basso possibile, in relazione alla tecnica di proiezione prevista ed al tipo di accelerante impiegato.

La distanza fra l'armatura e la parete da rivestire dovrà essere rigorosamente compresa fra 2 e 5 centimetri.

Il controllo della finitura è indispensabile per garantire il necessario copriferro, l'uniformità dello spessore ed un regolare supporto all'eventuale impermeabilizzazione.

La finitura della superficie del calcestruzzo proiettato, nel caso di superficie a vista o di supporto all'impermeabilizzazione, dovrà essere tale che il rapporto tra il diametro (anche equivalente) della



singola irregolarità e la sua profondità/sporgenza non sia maggiore di 0.10. Tutti gli eventuali spigoli dovranno essere arrotondati con raggio maggiore di 0.30 m.

L'eventuale finitura della superficie dovrà essere eseguita immediatamente dopo il completamento dello strato.

Nel caso l'opera richieda l'esecuzione di giunti di costruzione, questi dovranno risultare ortogonali alla superficie del supporto e dovranno essere realizzati sino a una profondità non minore di un terzo dello spessore dello strato.

3.5 Barriere di contenimento massi

La struttura di fondazione dovrà rispondere alle forze che si prevede agiscano durante l'impatto e, inoltre, dovrà avere dimensioni adeguate alle caratteristiche geologiche e geotecniche del sito, che dovranno essere indagate in maniera specifica da tecnici abilitati

Il piano di posa del basamento del montante, qualora costituito da un getto di calcestruzzo, deve essere eventualmente armato, avere dimensioni in pianta min 0,5x0,5 m ed altezza minima 20 cm e, comunque, tale da portare il basamento al livello necessario per il montaggio della barriera.

Le perforazioni nel terreno di fondazione per la realizzazione delle strutture di sottofondazione dei puntoni di sostegno e degli ancoraggi di fondazione di monte ed alle estremità sono di diametro finale non inferiore a 85 mm oltre che della profondità adeguata a contenere le barre o le funi di ancoraggio della lunghezza prevista in progetto.

La cementazione verrà eseguita a gravità, con le metodologie descritte nel punto relativo alla perforazione.

Tutti gli ancoraggi vengono cementati con boiaccia acqua/cemento additivata con antiritiro, pompando la miscela dal fondo del foro fino a rifiuto.

I cavi posti in opera verranno tagliati con idonea cesoia, dopo aver nastrato accuratamente il tratto interessato dal taglio.

I cavi saranno fissati ad una estremità con idonei morsetti (tipo a "cavallotto"), in numero conforme alla normativa, ovvero in funzione del diametro del cavo. (UNI EN 13411-5)

Alla rete principale potrà essere sovrapposta, ove prescritto, una rete a maglia esagonale, di dimensione max cm 8 x 10 a doppia torsione con filo con diametro non inferiore a Ø 2,2. mm

3.5.1 Rilevati per il contenimento dei massi

3.5.1.1 Modalità di costruzione del rilevato

Per quanto riguarda le modalità di costruzione del rilevato si rimanda alle indicazioni riportate nel Capitolato ANAS specifico "Movimenti di Terra".



3.5.1.2 Elementi per il rinforzo dei rilevati per il contenimento dei massi

Geogriglie in fibra sintetica

Il materiale deve essere conservato in luogo asciutto e ben ventilato protetto dall'esposizione ai raggi solari e, per nessun motivo, deve essere stoccato in prossimità di materiali infiammabili e fonti di calore.

Una volta installato, dovrà necessariamente essere ricoperto con il materiale da rilevato entro 2 mesi.

3.6 Gabbionate

Preliminarmente, l'Impresa dovrà procedere alla regolarizzazione del piano di posa e, quindi, al posizionamento degli elementi metallici collegandoli tra loro mediante idonee cuciture, eseguite con filo avente le stesse caratteristiche di quello della rete.

Le cuciture dovranno essere tali da creare la struttura monolitica ed assicurare la sua massima resistenza in funzione delle caratteristiche delle singole opere.

Dopo la chiusura degli elementi, la rete delle pareti e del coperchio dovrà risultare ben tesa e con i filoni dei bordi tra di loro a contatto, evitando attorcigliamenti.

Qualora previsto in progetto, è possibile riempire i gabbioni per faccia vista ad opera incerta, ottenuta con sistemazione a mano di pietrame tagliato ed assestato, previa idonea rinzeppatura.

Durante il riempimento, dovranno essere posti in opera i previsti tiranti, costituiti da un unico spezzone di filo avente le stesse caratteristiche di quello usato per le cuciture, fissato alla rete di pareti adiacenti od opposte dell'elemento.

Il materiale di riempimento dovrà essere messo in opera con operazioni meccanizzate e/o manuali, in modo da consentire un riempimento uniforme ed omogeneo del pietrame e raggiungere sempre una porosità del 30-40% per ottenere un idoneo peso di volume, nel rispetto delle ipotesi di progetto e comunque in modo tale da avere il minor numero di vuoti possibile senza provocare lo sfiancamento delle pareti dell'elemento.

Sarà escluso il pietrame alterabile dall'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua con cui l'opera verrà a contatto.

3.7 Opere di sostegno

3.7.1 Muri in gabbioni



I muri potranno essere realizzati con gradonatura verso valle, oppure verso monte (staticamente più consigliabile); per altezze superiori ai 3 m, non saranno adottati paramenti verticali, ma si inclinerà l'opera a reggipoggio di almeno 6°, oppure si realizzeranno adeguate riseghe; per altezze superiori ai 5-6 m, si consiglia una gradonatura verso valle.

Allo scopo di contrastare la deformabilità, comunque elevata, dell'opera, potranno essere impiegati uno o più ordini di tiranti, il drenaggio a tergo dell'opera sarà effettuato con i consueti metodi; per motivi statici, sarà evitata la disposizione a faccia-vista del pietrame sulla facciata esterna, adottabile per motivi estetici solamente in strutture poco sollecitate.

3.7.2 Muri di sostegno in pannelli di c.a.v.

Nel caso dei muri di controripa, la platea gettata in opera è posta in posizione rialzata rispetto alla base dei pannelli; pertanto, in questo tipologia di muri, rispetto a quelli di sostegno, non vi sono tiranti di collegamento tra pannelli e platea.

Difetti di planarità, verificati con un regolo della lunghezza di 4 m, superiori a 5 mm comporteranno automaticamente il rifiuto del pannello che l'Impresa dovrà allontanare dal cantiere a sua cura e spese. Al piede dei pannelli dovrà essere realizzato un bordino di rifinitura in malta cementizia.

In assenza di giunti verticali fra i pannelli (tipo "a sella" maschio-femmina, ecc) si dovranno inserire dei profilati in PVC o altro di idonea sagomatura, atti a trattenere materiali di granulometria superiore a 0,5 mm ed aventi superfici dei fori e/o fessure non inferiore a 50 cm² per metro quadrato di pannello per consentire un facile drenaggio delle acque presenti nel rilevato.

Particolari cautele dovranno essere adottate nel compattamento del rilevato a ridosso dei pannelli facendo eventualmente ricorso anche a pestelli pneumatici per non danneggiare le strutture.

Relativamente agli scavi, l'Impresa dovrà rispettare rigorosamente i disegni di progetto; eventuali eccedenze dovranno essere colmate con getti di conglomerato cementizio a sua cura e spese.

3.7.3 In terra rinforzata

Nella formazione del rilevato costituente il terrapieno armato, dovranno essere applicate le norme e le prescrizioni riportate nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Movimenti di terra" di ANAS S.p.A..

L'Impresa dovrà porre particolare cura alla selezione dei materiali costituenti il rilevato; inoltre, dovrà effettuare il costipamento in spessori ridotti per la presenza delle armature e con particolari cautele a ridosso del paramento esterno.

3.7.4 Strutture di sostegno a scomparti cellulari



La struttura sarà appoggiata su fondazione in cemento armato, che dovrà risultare perfettamente orizzontale; nel caso che il piede della struttura dovesse seguire una pendenza longitudinale, la fondazione dovrà essere eseguita a gradoni, ciascuno di altezza pari o multipla di quella degli elementi.

Durante la realizzazione del muro, si dovranno adottare tutti gli accorgimenti necessari per allontanare l'acqua eventualmente presente, in modo da poter eseguire le lavorazioni di posa in opera degli elementi prefabbricati e del terreno agrario all'interno delle vaschette in assenza di acqua.

3.7.5 Strutture di contenimento in elementi scatolari

Ad avvenuto completamento di ciascuna fila, la struttura risultante dovrà essere riempita fino al contatto con la retrostante parete con un misto di cava od altro materiale, permeabile e sciolto, di idonea pezzatura, compattato a fondo all'interno e tra gli elementi, fino all'incontro con la parete a tergo della struttura.

Per il riempimento degli ultimi 20 cm delle superfici che restano in vista, dovrà essere impiegato terreno vegetale, in modo da agevolare l'attecchimento della vegetazione.

Le caratteristiche geometriche degli elementi in conglomerato cementizio vibrato e le modalità esecutive della struttura dovranno essere comunque tali da impedire la fuoriuscita del materiale di riempimento

La struttura sarà appoggiata su fondazione in cemento armato, dimensionata come da progetto e dovrà risultare perfettamente orizzontale; nel caso che il piede della struttura dovesse seguire una pendenza longitudinale, sarà eseguita a gradoni, ciascuno di altezza pari o multipla di quella degli elementi.

La struttura dovrà essere completata con gli elementi speciali di chiusura laterale e di chiusura di coronamento; in corrispondenza di ciascun elemento scatolare, dovranno essere impiantate almeno n.3 piantine di essenze arbustive, rampicanti e tappezzanti e, infine, dovrà essere sistemato il terreno a monte del coronamento della struttura.

3.8 Opere di difesa spondale

3.8.1 Prismi in conglomerato cementizio

I prismi dovranno presentare facce piane, avere aspetto compatto e regolarità di forma e dovranno essere costruiti in file rettilinee e parallele.

Nell'eventualità che la cassetta interessi solo le quattro facce laterali del prisma, al fine di assicurare la regolare conformazione dello stesso anche per la faccia a diretto contatto con il terreno, prima del montaggio delle casseforme sarà necessario provvedere a regolarizzare la superficie di appoggio, spianandola e compattandola in modo adeguato.



Il calcestruzzo verrà versato nelle casseforme a strati regolari ed ogni strato sarà accuratamente vibrato, in modo da evitare la formazione di vuoti e rendere l'ammasso il più possibile omogeneo e compatto. Dovranno essere inglobate nel getto idonee armature in acciaio costituenti i ganci per la movimentazione dei prismi.

Si potrà procedere alla scasseratura delle pareti laterali non prima che siano trascorse 24 ore dal getto.

La rimozione ed il trasporto dei prismi non potrà aver luogo prima che siano trascorsi 30 giorni dalla data del loro confezionamento ed, in ogni caso, solo previa autorizzazione della Direzione Lavori.

Nel trasporto e nel collocamento in opera si dovrà usare la massima cautela, per evitare che i prismi possano essere danneggiati.

Prima di iniziare le operazioni di posa, l'Impresa dovrà procedere al picchettamento della difesa, riportando fedelmente sul terreno il tracciato indicato in progetto. terminate le operazioni di tracciamento, potrà provvedere alla realizzazione della difesa, procedendo nelle operazioni di posa dei prismi da monte verso valle. La posa in opera dovrà avvenire nel rispetto delle sagome di progetto, mediante la collocazione di ogni singolo elemento sul piano di appoggio preventivamente regolarizzato.

Ciascun elemento dovrà essere disposto in modo da garantirne una giacitura stabile indipendentemente dalla posa in opera degli elementi adiacenti; i giunti dovranno risultare sfalsati sia in senso longitudinale che in quello trasversale, nonché permettere uno stretto contatto tra gli elementi adiacenti

3.8.2 Massi di roccia

Nell'esecuzione dei lavori, i massi di maggiore dimensione dovranno essere posti verso l'esterno e quelli di minore dimensione verso l'interno, cosicché risulti graduale il passaggio dei massi di peso maggiore a quelli di peso minore.

Il completamento e la sistemazione delle scogliere dovrà essere effettuato a tutta sagoma, procedendo per tratti successivi, che dovranno essere mano a mano completati secondo la sagoma prescritta, in modo da realizzare una perfetta continuità fra i vari tratti.

Non saranno accettati i massi che, all'atto della posa in opera, dovessero presentare lesioni o rotture, cosa come quelli che, nelle operazioni di posa, dovessero cadere fuori sagoma.

3.8.3 Materassi in pietrame

Prima della posa in opera, il singolo materasso verrà allestito effettuando le sole legature di unione fra i diaframmi ed i lembi laterali del telo base che costituiscono le pareti dell'elemento.

La linea di piegatura delle pareti laterali sarà ben definita, nella posizione voluta, da un filo metallico di diametro maggiore.



E' preferibile che i singoli elementi di materasso siano allestiti fuori opera, anche quando la scarpata sulla quale si debba eseguire il rivestimento non sia molto inclinata; ciò per maggiore comodità e per non danneggiare il terreno già livellato.

Dopo aver predisposto sul piano di posa un certo numero di elementi, già assemblati nella loro forma cellulare, si dovrà procedere a collegarli fra di loro con solide cuciture lungo tutti gli spigoli che si vengono a trovare a contatto.

Le legature saranno eseguite passando il filo in modo continuo in tutte le maglie, con un doppio giro ogni due maglie ed il collegamento in opera dei materassi sarà eseguito ad elementi vuoti, per rendere più facile tale operazione.

Qualora i materassi fossero senza diaframmi, all'interno saranno apposti dei tiranti tra parti opposte.

Si procederà quindi alle operazioni di riempimento.

Ultimate tali operazioni, si procederà alla chiusura degli elementi utilizzando il singolo coperchio, oppure rete in rotoli ed effettuando le dovute legature di unione, sia lungo i bordi laterali che lungo quelli dei diaframmi interni.

Verranno eseguite prima le legature che fissano il coperchio ai bordi laterali dell'elemento, poi quelle che lo collegano ai diaframmi trasversali.

Normalmente, le scarpate di appoggio si faranno inclinate di 1:1,5 o di 1:2 secondo la natura del terreno, prevedendo la pendenza massima in casi di terre vegetali di media consistenza e la minima con quelle argillose.

Qualora si stia procedendo ad un rivestimento d'alveo, il materasso verrà disposto sulle sponde trasversalmente al corso d'acqua, vale a dire secondo la massima inclinazione delle sponde e perpendicolarmente al filo della corrente.

Questa disposizione non è tassativa; a volte, potrà convenire disporre gli elementi in senso longitudinale alla corrente, come ad esempio nei rivestimenti del fondo e, nel caso di corsi d'acqua con notevole velocità, anche nei rivestimenti di sponda; a determinare la scelta fra i due suddetti sistemi interverranno anche la maggior facilità di posa in opera o ragioni costruttive di varia natura. La posa in opera direttamente in acqua sarà eseguita come per i gabbioni.

3.8.4 Soglie di fondo

Per la loro realizzazione, saranno preferibilmente scavate sezioni trapezie e la soglia sarà costituita da pietrame di grossa pezzatura, ovvero si potranno realizzare come platee in calcestruzzo o in gabbioni e/o materassi di pietrame, soprattutto per la difesa di opere particolari (come ad esempio pile di ponti o altro), nel qual caso la soglia si prolungherà a monte e a valle dell'opera.

3.9 Manufatti per lo smaltimento delle acque dal corpo stradale



Per agevolare lo smaltimento delle acque piovane ed impedire infiltrazioni dannose all'interno del corpo stradale, ove necessario, deve essere prevista la sistemazione e la costruzione di collettori di scolo, canalette, cunette e cunicoli.

3.9.1 Tubazioni in calcestruzzo cementizio vibrato

La posa sarà preceduta dall'applicazione sull'imbocco femmina del tubo di apposito lubrificante compatibile con la gomma stessa

Le suddette tubazioni dovranno essere poste in opera su platea in conglomerato cementizio, eventualmente rinfiaccate; il conglomerato per la platea ed i rinfiacchi sarà del tipo di fondazione avente $R_{ck} \geq 25$ MPa.

Tra la tubazione e la platea dovrà essere interposto uno strato di malta dosata a 400 Kg/m^3 di cemento.

3.9.2 Tubazioni in gres ceramico

Le operazioni di movimentazione, carico e scarico, di posa ed installazione, di ricopertura devono avvenire nel rispetto della normativa per la prevenzione degli infortuni e secondo le prescrizioni del P.O.S di cantiere.

Indicazioni sulla posa, sulla geometria delle trincee di installazione, sui materiali per il letto e per il rinfiacco possono essere riscontrate nella norma UNI EN 1610 sulla "Costruzione e collaudo dei collettori di fognatura".

3.9.3 Tubazioni in PVC rigido

I giunti di tipo rigido verranno impiegati secondo le indicazioni di progetto.

I tubi ed i raccordi dovranno essere sistemati sul letto di posa in modo da avere un contatto continuo con il letto stesso. Tale tubazione verrà interrata in un cavo delle dimensioni indicate nel progetto, sul cui fondo sarà predisposto del materiale fino di allettamento; qualora previsto in progetto, verrà rinfrancato con conglomerato del tipo di fondazione con $R_{ck} \geq 25$ MPa.

3.10 Manufatti in lamiera d'acciaio ondulata

Tassativamente si prescrive che il trasporto, lo scarico e la movimentazione delle lamiere, dei tubi per drenaggio e dei relativi elementi di collegamento e raccordo in cantiere dovranno essere fatti con idonee cautele per non danneggiare il rivestimento, tanto di zinco quanto superficiale (bituminoso o epossidico).

La condotta metallica dovrà essere posata su un letto uniforme, omogeneo, stabile e resistente, evitando fondi rigidi con asperità; in ogni caso si sconsiglia la posa della struttura direttamente sopra un fondo roccioso o una piattaforma di conglomerato cementizio.



Il letto di posa sarà sagomato come il profilo del fondo della condotta, per permettere un mutuo accoppiamento perfetto.

Nel caso di terreno a debole portanza, si dovrà eseguire una bonifica del piano di posa asportando il materiale per la profondità necessaria; si dovrà poi riempire lo scavo con materiale da rilevato compattandolo convenientemente.

In presenza, invece, di un fondo roccioso si dovrà interporre tra la struttura ed il fondo un materiale granulare compatto di 30 cm di spessore: è assolutamente da evitare il ricorso a materiali di pezzatura superiore a 10 cm.

In ogni caso, si interporrà tra condotta e fondo uno strato di sabbia monogranulare (diametro max. 5 mm) asciutta e pulita dello spessore di 20 cm. Tale strato non sarà compattato, per permettere una perfetta aderenza tra condotta e fondo e dovrà essere esteso in larghezza fino all'attacco delle piastre d'angolo con il fondo

Le teste dei bulloni e i dadi dovranno assicurare una perfetta aderenza. La coppia dinamometrica di serraggio dovrà risultare, al termine del serraggio stesso ed in funzione delle dimensioni e dell'impiego, come da relazione di progetto.

Nella seguente tabella 4 si riportano le indicazioni relative ai tipi commercialmente in uso:

Tabella 4: **Coppie di serraggio minime e massime**

Tipo di ondulazione	Diametro bullone (minimo) Classe 8.8	Coppia serraggio minimo (Nm)	Coppia serraggio massima (Nm)
T70	M12	45	160
T100	M12	45	220
T150	M20	180	440
T200	M20	220	440

Valori superiori dei diametri dei bulloni e della coppia di serraggio sono ammissibili sulla base delle indicazioni progettuali e, previa verifica sperimentale, che il serraggio applicato non determini la rottura dei bulloni.

I tubi per drenaggio saranno posti in opera in modo da presentare i fori nella parte inferiore, al fine di impedire all'acqua di trascinare detriti e materiali sabbiosi all'interno.

Il materiale di rinfianco della condotta dovrà essere compattato ed eventualmente inumidito per facilitare la sua penetrazione sotto i quarti inferiori delle strutture circolari o sotto le piastre angolari di base nelle sezioni ribassate o policentriche.

Il rinterro dei quarti inferiori delle condotte dovrà essere fatto con pestelli meccanici, o con pestelli a mano nei punti ove i primi non siano impiegabili.



Il rinterro ed il costipamento del materiale riportato sui fianchi dovrà essere fatto a strati di 20-30 cm massimo, utilizzando anche i normali mezzi costipanti dei rilevati, utilizzando materiale da rilevato stradale in conformità alle norme UNI EN 13242:2013 e UNI EN 13285:2010 e le specifiche indicazioni di progetto.

Il rinterro avverrà a strati orizzontali disposti, in modo che il livello di interrimento risulti simmetrico sui due lati del manufatto.

La compattazione di ogni strato dovrà soddisfare le indicazioni già riportate alla sezione "Movimenti terra" del presente Capitolato.

Nelle parti immediatamente adiacenti alle strutture, per uno spessore di 20 cm tutt'attorno, si interporrà uno strato di sabbia monogranulare (diametro max. 5 mm) asciutta e pulita il cui costipamento verrà fatto con pestelli pneumatici o a mano.

In generale, occorrerà evitare che i mezzi costipatori lavorino a "contatto" della struttura metallica, si consiglia di utilizzare con prudenza mezzi meccanici pesanti.

Il rilevato realizzato e costipato intorno alla struttura sarà normalmente costituito dal materiale adottato per la realizzazione dello stesso corpo stradale.

Si dovrà inoltre evitare il passaggio dei mezzi di cantiere sulla condotta senza un adeguato ricoprimento della struttura che assicuri un'adeguata ripartizione del carico, al fine di non generare, nel manufatto, sollecitazioni superiori a quelle previste dal calcolo.

Le parti terminali dei manufatti dovranno essere munite di testate metalliche prefabbricate, oppure in muratura in conformità dei tipi adottati.

3.11 Canalette

3.11.1 Canalette ad embrici

Le canalette dovranno estendersi lungo tutta la scarpata, dalla banchina al fosso di guardia.

Prima della posa in opera, l'Impresa avrà cura di effettuare lo scavo di impostazione degli elementi di canaletta, dando allo scavo stesso la forma dell'elemento, in modo che il piano di impostazione di ciascun elemento risulti debitamente costipato, per evitare il cedimento dei singoli elementi. Ancoraggi analoghi dovranno essere infissi ogni n.3 elementi di canaletta, per impedire il loro slittamento a valle.

In sommità, la canaletta dovrà essere raccordata alla pavimentazione mediante apposito invito in conglomerato cementizio, gettato in opera o prefabbricato.

La sagomatura dell'invito dovrà essere tale che l'acqua non incontri ostacoli al regolare deflusso.



3.12 Cunette

3.12.1 Rivestimenti con elementi prefabbricati in conglomerato cementizio vibrato

I suddetti elementi prefabbricati saranno posti in opera su letto di materiale arido perfettamente livellato e costipato, avendo cura che in nessun punto restino vuoti, che potrebbero compromettere la resistenza della struttura

3.12.2 Rivestimenti in muratura di pietrame

Il rivestimento dello spessore indicato in progetto sarà eseguito previa regolarizzazione e costipamento del piano di posa e predisposizione sullo scavo della malta di allettamento.

3.13 Cordonature

Gli elementi non dovranno presentare imperfezioni, cavillature, rotture o sbrecciature; inoltre, dovranno avere superfici in vista regolari e ben rifinite.

Le cordonature verranno poste in opera su platea in conglomerato cementizio del tipo di fondazione avente $R_{ck} \geq 25$ MPa, interponendo uno strato di malta dosata a 400 Kg/m^3 di cemento, che verrà utilizzata anche per la stuccatura degli elementi di cordonatura.

4 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

L'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio, sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, tutti i **disegni contabili** delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite, con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera, ovvero la lavorazione interessata.

Tali disegni contabili, da predisporre su supporto informatico e da tradurre, almeno in duplice copia, su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla **Direzione Lavori**, per il necessario e preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, svolte durante l'esecuzione dei lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore.



La suddetta documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli **Stati di Avanzamento Lavori** (SAL) e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

Si evidenzia, inoltre, che tale documentazione contabile resterà di proprietà dell'ANAS.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

i lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche (ovvero a numero), così come rilevate dalla **Direzione Lavori**, in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori;

i lavori da compensare "a corpo", invece, saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche (ovvero a numero), rilevate dalla **Direzione Lavori** in contraddittorio con l'Appaltatore, che verranno confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto di Appalto.

Per quanto riguarda la predisposizione degli **Stati di Avanzamento Lavori** e l'emissione delle relative rate d'acconto, il corrispettivo da accreditare nei SAL è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del **Collaudo** in corso d'opera.

All'avvenuto completamento di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione, redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la **Direzione Lavori** provvederà al pagamento del residuo con le suddette modalità, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla **Commissione di Collaudo** in corso d'opera.

4.1.1 Criteri di misura

- **Gabbioni**

I gabbioni verranno computati per l'effettivo volume secondo il relativo articolo di Elenco Prezzi che comprende anche la regolarizzazione del piano di posa, la fornitura del filo per legature e tiranti ed il riempimento.

- **Materassi metallici**

I materassi metallici verranno computati in funzione del loro spessore, misurando la superficie effettiva secondo i relativi articoli di Elenco Prezzi che comprendono anche la regolarizzazione del piano di posa, la fornitura del filo per legature e tiranti, nonché il materiale di riempimento.

- **Scogliere per le difese spondali**



Le scogliere per le difese spondali verranno computate per il loro volume effettivo, misurato vuoto per pieno, senza tener conto di eventuali eccedenze rispetto alle sezioni teoriche di progetto.

- **Canalette ad embrice**

Le canalette ad embrice verranno computate misurando l'effettivo sviluppo lungo il loro asse, senza tener conto della sovrapposizione tra gli elementi secondo il relativo articolo di Elenco Prezzi che comprende anche lo scavo, il costipamento del terreno d'appoggio ed il bloccaggio con tondini infissi in terra.

- **Mantellate di rivestimento**

Le mantellate di rivestimento, tanto quelle in lastre quanto quelle a grigliato articolato, saranno computate in base alla loro superficie effettiva.

- **Rivestimento di cunette e fossi di guardia**

Il rivestimento delle cunette e dei fossi di guardia verrà computati secondo i relativi articoli di Elenco Prezzi.

- **Manufatti tubolari per tombini e sottopassi**

I manufatti tubolari per tombini e sottopassi in lamiera d'acciaio ondulata e zincata saranno computati in base al loro peso determinato prima della posa in opera mediante pesatura, secondo come disposto nel presente Capitolato. Per altre tipologie di manufatti gli stessi verranno computati secondo i relativi articoli di Elenco Prezzi.

- **Muri di sostegno costituiti da pannelli prefabbricati in conglomerato cementizio armato e vibrato, anche precompresso**

I muri di sostegno costituiti da pannelli prefabbricati verranno computati in base alla loro superficie, così come ottenuta dalla misurazione dell'effettiva lunghezza del muro per ciascuna altezza. L'altezza sarà misurata sulla faccia in vista di ogni pannello, dall'estradosso della fondazione alla sommità del pannello stesso.

I pannelli con profilo superiore inclinato saranno misurati fino all'orizzontale passante per lo spigolo più alto.

I relativi articoli di Elenco Prezzi, oltre a comprendere tutti gli oneri in essi richiamati, contengono anche quelli previsti nel presente Capitolato.

Ad esclusione di:

- gli scavi per l'impianto del muro;
- le opere di fondazione;
- l'eventuale drenaggio a tergo del muro;
- l'eventuale coronamento in sommità;
- la formazione del rilevato a tergo del muro



- **Muri di sostegno a scomparti cellulari in elementi prefabbricati di conglomerato cementizio armato e vibrato**

I muri di sostegno a scomparti cellulari verranno computati misurando il volume effettivo tra le facce esterne degli elementi longitudinali e trasversali, dal piano di appoggio all'estradosso dell'ultimo elemento longitudinale superiore.

Nel calcolo del rapporto volumetrico tra gli elementi in conglomerato cementizio e la struttura complessiva, per i primi si dovrà adottare il volume effettivo (che, comunque, non dovrà essere superiore a quello teorico di progetto), mentre per la seconda si dovrà considerare il volume della struttura stessa.

I relativi articoli di Elenco Prezzi, oltre a comprendere tutti gli oneri in essi richiamati, contengono anche quelli previsti nel presente Capitolato, con particolare riferimento alla fornitura ed alla posa in opera degli elementi prefabbricati in c.a.v.; al materiale di riempimento degli scomparti cellulari; al terreno agrario ed alle essenze arbustive.

Ad esclusione degli scavi per la formazione del piano di posa e l'eventuale base di appoggio in cls nonché la fpo del terreno per vaschette e piantine di essenze arbustive.

- **Muri di sostegno costituiti da elementi scatolari prefabbricati in conglomerato cementizio armato e vibrato**

I muri di sostegno costituiti da elementi scatolari prefabbricati saranno computati misurando la proiezione verticale della superficie in vista, sulla base della lunghezza effettiva della struttura e dell'altezza (dall'intradosso dell'elemento inferiore all'estradosso di quello superiore), distintamente per strutture costituite da elementi tipo di uguali dimensioni.

I relativi articoli di Elenco Prezzi, oltre a comprendere tutti gli oneri in essi richiamati, prevedono anche quelli indicati nel presente Capitolato, con particolare riferimento alla fornitura ed alla posa in opera degli elementi prefabbricati in c.a.v. (compresi i relativi elementi speciali); al materiale di riempimento; alle essenze arbustive ed alla sistemazione a monte del coronamento.

Sono invece esclusi:

- gli scavi;
- la fondazione in conglomerato cementizio

Le suddette voci saranno contabilizzati con i relativi articoli di Elenco Prezzi.

5 NON CONFORMITÀ E SANZIONI

In caso di esito negativo delle prove di accettazione dei materiali, di cui al paragrafo precedente, la partita sarà ritenuta **non conforme** e la D.L. procederà come in tabella 5:



Tabella 5: Azioni sulla non conformità.

Non Conformità	Azioni
Per irregolarità relative alla qualità dei materiali e alle caratteristiche geometriche degli elementi (spessori, dimensioni, ecc.) e quanto altro possa concorrere, anche in modo parziale, a compromettere la resistenza strutturale.	L'Appaltatore sarà tenuto a sostituire a sue spese i materiali non conformi con altri che rispondano alle caratteristiche richieste, nei tempi contrattuali stabiliti.
Per irregolarità relative allo spessore delle protezioni anticorrosive che, comunque, non concorrano a compromettere le prestazioni dei dispositivi di sicurezza, minore al 20% di spessore in meno.	Il materiale sarà accettato dalla D.L. ma verrà applicata una sanzione economica così ripartita: ✓ dal 0,1% al 5,0% in meno di protezione anticorrosiva, una sanzione pari al 2.5% dell'intera FpO; ✓ dal 5,1% al 10,0% in meno di protezione anticorrosiva, una sanzione pari al 5% dell'intera FpO; ✓ dal 10,1% al 15,0% in meno di protezione anticorrosiva, una sanzione pari al 7.5% dell'intera FpO; ✓ dal 15,1% al 19,9% in meno di protezione anticorrosiva, una sanzione pari al 10% dell'intera FpO.
Per irregolarità relative allo spessore delle protezioni anticorrosive che, comunque, non concorrano a compromettere le prestazioni dei dispositivi di sicurezza, uguale o superiore al 20% di spessore in meno.	L'Appaltatore sarà tenuto a sostituire a sue spese i materiali non conformi con altri che rispondano alle caratteristiche richieste, nei tempi contrattuali stabiliti.

NOTA In ogni caso, i materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dal sito di stoccaggio e riciclati o smaltiti a cura e spese dell'Appaltatore.

6 COLLAUDO

Il **Collaudatore**, alla fine dei lavori di realizzazione delle opere, dovrà procedere al **collaudo delle opere** allo scopo di accertarne la rispondenza alle indicazioni progettuali.

Le prove richieste dal Collaudatore saranno a carico dell'Appaltatore

Vengono di seguito descritte le modalità di collaudo delle caratteristiche geometriche, dimensionali e strutturali dei dispositivi di sicurezza:

- Documentazione amministrativa;
- Elaborati costruttivi finali dell'opera;
- Prove sui materiali;
- Certificati di conformità CE (ove prescritto);



- Rapporti di prova (ove prescritto);
- Manuale di installazione;
- Manuale di manutenzione;
- Certificato di Corretta posa in opera (ove prescritto).

Nel dettaglio, il collaudatore potrà effettuare:

- Verifica delle caratteristiche geometriche e dimensionali;
- Verifica delle caratteristiche dei materiali;
- Verifica del corretto serraggio di tirafondi, bulloni e manicotti.

Qualora caratteristiche dell'opera realizzata non rispondano alle specifiche di progetto, l'opera dovrà essere adeguata e resa conforme alle specifiche progettuali, secondo le prescrizioni del Collaudatore.

Il Collaudatore, dopo aver concluso le suddette attività e verificato il rispetto di quanto eventualmente richiesto, **provvederà quindi al rilascio del relativo Certificato di collaudo.**



7 APPENDICE

1. I fili elementari dell'anima metallica della fune avranno resistenza nominale ≥ 1770 N/mm² (in conformità alle norme UNI EN 12385-4 o UNI ISO 2408; per le caratteristiche del filo si fa riferimento alla UNI EN 10264-2 o UNI ISO 2232, e protezione contro la corrosione in CLASSE A, se il rivestimento è in zinco e in CLASSE B se il rivestimento è in lega Zn-Al (5%).
2. Le barre d'acciaio (costituenti gli ancoraggi), realizzate secondo norma EN10080, sono munite di idoneo golfare, con funzione di "passacavo" e saranno collocate all'interno di fori con diametro $\varnothing \geq 32$ mm e cementati con malta cementizia antiritiro, la cui disposizione e frequenza è indicata negli elaborati di progetto in funzione delle caratteristiche della roccia.
3. Le funi di acciaio (costituenti gli ancoraggi), con caratteristiche di cui al p.to 1, è munita ad un'estremità di una redancia bloccata con manicotto, secondo UNI EN 13411-3 e capo libero all'altra estremità, saranno collocate all'interno di fori di diametro $\varnothing \geq 32$ mm e cementate con malta cementizia antiritiro, la cui disposizione e frequenza è indicata negli elaborati di progetto in funzione delle caratteristiche della roccia
4. Le funi di acciaio (costituenti gli ancoraggi), con caratteristiche di cui al p.to 1, è munita ad un'estremità di una asola corredata di redancia zincata a caldo (UNI EN ISO 1461) bloccata con manicotto, secondo UNI EN 13411-3 e capo libero all'altra estremità, saranno collocate all'interno di fori di diametro $\varnothing \geq 85$ mm e cementate con malta cementizia antiritiro, la cui disposizione e frequenza è indicata negli elaborati di progetto in funzione delle caratteristiche della roccia. L'asola sarà fissata con manicotto in alluminio (in stabilimento) e sarà rivestita con un tubo di protezione in acciaio inox o in materiale polimerico o composito. Gli ancoraggi saranno corredati da centratori in acciaio zincato con interasse non superiore a 1,00 m.
5. Tabella di equivalenza tra i valori di rigidità anulari tubazioni PE

Tabella 6: Tabella di equivalenza tra i valori di rigidità anulari tubazioni PE

UNI 11424	EN 13476	DIN 16961
CLASSE (S)	SN.	SERIE (S_{R24})
	SN 2 (= 2 kN/m ²)	SERIE 3 $S_{R24} 8$ (= 8 kN /m ² /4)
	SN 4 (= 4 kN /m ²)	SERIE 4 $S_{R24} 16$ (= 16 kN /m ² /4)
CLASSE A S8 (= 8 kN /m ²)	SN 8 (= 8 kN /m ²)	SERIE 5 $S_{R24} 31,5$ (= 31,5 kN /m ² /4)



CLASSE B S12 (= 12 kN /m ²)		
CLASSE c S16 (= 16 kN /m ²)	SN 16 (= 16 kN /m ²)	SERIE 6 S _{R24} 63 (= 63 kN /m ² /4)

7.1 NORMATIVE E RIFERIMENTI

- Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, recante la "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare applicativa n.617 del 2 febbraio 2009, relativa alle "Istruzioni per l'applicazione delle nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008"
- D.M. 11.03.1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione";
- Circolare 24.09.1988 "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione";
- Norma CNR 10006:2002 "Costruzione e manutenzione delle strade – Tecnica di impiego delle terre"
- Norma UNI EN 14475 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Terra rinforzata"
- Norma UNI 11437 "Opere di difesa dalla caduta massi – Prove su reti per rivestimento di versanti"
- Norma UNI EN 10223-3 "Fili e prodotti trafilati di acciaio per recinzioni - Reti di acciaio a maglie esagonali per impieghi industriali"
- Norma UNI EN 10218-1 "Filo di acciaio e relativi prodotti – Generalità - Parte 1: Metodi di prova" e Parte 2 "Dimensioni e tolleranze dei fili"
- Norma UNI EN 10218-2 "Filo di acciaio e relativi prodotti – Generalità - Parte 2: Dimensioni e tolleranze dei fili"
- Norma UNI EN 10244-2 "Fili e prodotti trafilati di acciaio - Rivestimenti metallici non ferrosi sui fili di acciaio - Rivestimenti di zinco o leghe di zinco"
- Norma UNI EN 10245-2 "Fili e prodotti trafilati di acciaio - Rivestimenti organici sui fili di acciaio – Fili rivestiti in PVC"
- Norma UNI EN 10245-5 "Fili e prodotti trafilati di acciaio - Rivestimenti organici sui fili di acciaio – Fili rivestiti in poliammide"
- "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione", approvate dalla Prima Sezione della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, con parere n.69 reso nell'adunanza del 2 luglio 2013



- Regolamento UE n.305/2011, "che fissa le Condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione ed abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio"
- UNI EN 1295-1 "Progetto strutturale di tubazioni interrate sottoposte a differenti condizioni di carico"
- prEN 1295-3 "Structural design of buried pipelines under various conditions of loading - Part 3: Common method"
- EN 13476-1 "Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage - Structured-wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) - Part 1: General requirements and performance characteristics"
- EN 13476-3 (tipoB) "Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage - Structured-wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) - Part 3: Specifications for pipes and fittings with smooth internal and profiled external surface and the system, Type B"
- UNI ENV 1046 "Sistemi di tubazioni e condotte di material plastica. Sistemi di adduzione d'acqua e scarichi fognari all'esterno dei fabbricati. Raccomandazioni per installazione interrata e fuori terra"
- UNI EN 1610 "Costruzione e collaudo di connessioni di scarico e collettori di fognatura"
- UNI EN 681-1 "Elementi di tenuta in elastomero. Requisiti dei materiali per giunti di tenuta nelle tubazioni utilizzate per adduzione e scarico dell'acqua. Gomma vulcanizzata"
- DPR 6 giugno 2001, n. 380 - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia (G.U. n. 245 del 20 ottobre 2001).
- UNI EN 10051:2011 - Nastri laminati a caldo in continuo e lamiere/fogli tagliati da nastri larghi di acciai non legati e legati - Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma (in vigore dal 26 gennaio 2011).
- UNI EN 10025-2:2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali (in vigore dal 1 aprile 2005). Sostituisce il riferimento alle norme AASTHO (American Association Of State Transport Highway Officials) M36-70 ed M167-70, oggi sostanzialmente accettate o fatte proprie. Queste prescrivevano, fra l'altro, l'impiego di acciai di qualità con carico di rottura non inferiore a 340 MPa, un contenuto in rame non inferiore allo 0,20%, e non superiore allo 0,40% ed una zincatura non inferiore a 305 gr/m2.
- UNI EN ISO 1461:2009 - Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova (in vigore dal 9 luglio 2009).
- UNI EN ISO 14713-1:2010 - Rivestimenti di zinco - Linee guida e raccomandazioni per la protezione contro la corrosione di strutture di acciaio e di materiali ferrosi - Parte 1: Principi generali di progettazione e di resistenza alla corrosione (in vigore dal 27 gennaio 2010).
- UNI EN ISO 898-1:2013 - Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Parte 1: Viti e viti prigioniera con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine (in vigore dal 20 giugno 2013).
- UNI EN ISO 898-2:2012 - Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio al carbonio e acciaio legato - Parte 2: Dadi con classi di resistenza specificate - Filettatura a passo grosso e filettatura a passo fine (in vigore dal 17 maggio 2012)
- UNI EN ISO 12683:2005 - Rivestimenti di zinco depositati meccanicamente - Specifiche e metodi di prova (in vigore dall'1 aprile 2005)



- UNI EN 10346:2009 - Prodotti piani di acciaio rivestiti per immersione a caldo in continuo - Condizioni tecniche di fornitura (in vigore dall'11 giugno 2009) la quale sostituisce la norma EN 10327 (ed.: luglio 2004) che specifica i requisiti per i nastri e le lamiere rivestiti per immersione a caldo in continuo di acciai a basso tenore di carbonio rivestiti con zinco, lega zinco-ferro, lega zinco-alluminio, lega alluminio-zinco e lega alluminio-silicio con spessori da 0,35 mm fino a 3,0 mm.
- UNI 11406:2011 - Rivestimenti metallici protettivi dei materiali ferrosi - Prova di uniformità dello strato di zincatura su materiali zincati a caldo - Metodo secondo Preece (in vigore dal 17 febbraio 2011). La norma definisce il metodo di prova di tipo qualitativo da seguire per stabilire l'uniformità dello strato di zincatura presente su materiali ferrosi zincati per immersione a caldo. La norma si basa sui contenuti della UNI 5743:1966, ritirata.
- UNI EN 13242:2013 - Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade (in vigore dal 20 giugno 2013) La presente norma è la versione ufficiale in lingua inglese della norma europea EN 13242 (ed.: mag-2013). La norma specifica le proprietà di aggregati ottenuti mediante processo naturale o industriale oppure riciclati per materiali non legati e legati con leganti idraulici, per impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade.
- UNI EN 13285:2010 - Miscele non legate - Specifiche (in vigore dal 14 ottobre 2010, è la versione ufficiale della norma europea EN 13285 ed.: set-2010; sostituisce la UNI 10006:2002). La norma specifica i requisiti per miscele non legate impiegate per la costruzione e la manutenzione di strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico, con gli opportuni riferimenti alla UNI EN 13242. La norma si applica a miscele non legate di aggregati naturali, artificiali e riciclati con una dimensione superiore del setaccio (D) compresa tra 8 mm e 90 mm, e una dimensione inferiore del setaccio (d) pari a 0.



Anas S.p.A.
Via Monzambano, 10 - 00185 Roma
www.stradeanas.it



Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto **Parte 2**

IT.PRL.05.20- Rev. 1.0

Opere d'arte minori
Opere di consolidamenti,reti e
protezione

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.20 - Rev.1.0
Opere d'arte minori Opere di consolidamenti,reti e protezione

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



INDICE

SOMMARIO

PREMESSA	5
1 CLASSIFICAZIONE	5
1.1 ANCORAGGI	5
1.1.1 Tiranti e barre d'ancoraggio	6
1.1.2 Chiodature e bulloni	7
1.2 DRENI	8
1.2.1 Microdreni	8
1.2.2 Trincee drenanti	8
1.2.3 Pozzi drenanti	8
1.2.4 Dreni verticali prefabbricati	9
1.2.5 Dreni in sabbia	9
1.3 TRATTAMENTI COLONNARI JETTING (JET GROUTING)	9
1.4 INIEZIONI	9
2 MODALITA' DI ESECUZIONE, CARATTERISTICHE, VERIFICHE E CONTROLLI DI ACCETTAZIONE	10
2.1 ANCORAGGI	10
2.1.1 TIRANTI E BARRE DI ANCORAGGIO	11
2.1.2 PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI	12
2.1.3 CONTROLLI DURANTE L'ESECUZIONE	14
2.1.4 CONTROLLI E COLLAUDI FINALI	16
2.1.5 CHIODATURE E BULLONI	18
2.1.6 BULLONI IN ACCIAIO	19
2.1.7 PROVE E CONTROLLI SU BARRE E BULLONI	20
2.2 DRENI	21
2.2.1 MICRODRENI	21
2.2.2 TRINCEE DRENANTI	22
2.2.3 POZZI DRENANTI	23
2.2.4 PROVE E CONTROLLI	23



2.2.5	DRENI VERTICALI PREFABBRICATI	24
2.2.6	DRENI IN SABBIA	25
2.2.7	PROVE E CONTROLLI	25
2.3	TRATTAMENTI COLONNARI	26
2.3.1	PROVE PRELIMINARI	27
2.3.2	SISTEMI DI ESECUZIONE DEI TRATTAMENTI	29
2.3.3	PROVE E CONTROLLI DI ACCETTAZIONE	31
2.4	INIEZIONI	33
3	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	36
3.1	NORME GENERALI	36
3.2	CRITERI DI MISURA	37
4	NON CONFORMITA'	38
5	COLLAUDO	38
6	MANUTENZIONE	38
7	NORME E RIFERIMENTI	39
8	APPENDICE	40
8.1	DETTAGLI ESECUTIVI SULLE PROVE PRELIMINARI SUGLI ANCORAGGI	40
8.2	TIPOLOGIE DI POZZI DRENANTI	46
8.2.1	Pozzi drenanti a tutta sezione	46
8.2.2	Pozzi ispezionabili	46
8.2.3	Pozzi drenanti con rivestimento strutturale	46



PREMESSA

Nella presente sezione del capitolato speciale di appalto vengono analizzate le diverse tipologie strutturali di consolidamento classificate e suddivise in:

Ancoraggi: identificabili nelle 4 tipologie esecutive (tiranti, barre, chiodi e bulloni)

Dreni: anch'essi identificabili in 3 tipologie (microdreni, trincee drenanti e pozzi drenanti)

Trattamenti colonnari: (jet grouting)

Iniezioni.

Particolare rilevanza dal punto di vista normativo è stata posta, da parte del legislatore, sui dispositivi di ancoraggio attivi (tiranti di ancoraggio); ciò ovviamente in relazione alla delicata funzione strutturale che gli stessi dispositivi sono chiamati ad assolvere.

Le NTC 2008, infatti, prevedono che, ove i dispositivi di ancoraggio ancora non posseggano Marcatura CE, che i singoli produttori debbano far accreditare e certificare i propri prodotti presso il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore del LL.PP.

Conseguentemente nel presente capitolato verranno dettagliatamente e puntualmente definite tutte le prove ed i controlli da eseguirsi su tali dispositivi di ancoraggio.

Il presente Capitolato Speciale di Appalto specifica inoltre i requisiti, le caratteristiche prestazionali, le modalità di accettazione e di controllo dei materiali che compongono le diverse tipologie strutturali sopra indicate. Le tipologie elencate, costituiscono l'insieme delle soluzioni tecniche che ANAS considera oggi maggiormente adeguate alle caratteristiche di lavori da realizzare sulla propria rete.

1 CLASSIFICAZIONE

1.1 ANCORAGGI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- da B.02.140 a B.02.144
- da E.03.040 a E.03.042

Con il termine "ancoraggi" si intendono tutte le tecnologie esecutive atte al sostegno o al consolidamento di pareti di scavo o versanti, ottenute tramite armature che si estendono nei terreni e nelle rocce a tergo della superficie visibile. Independentemente dal tipo di ancoraggio, che può essere provvisorio o permanente, si distinguono in tiranti e barre d'ancoraggio, bulloni e chiodi.



1.1.1 TIRANTI E BARRE D'ANCORAGGIO

Per tiranti di ancoraggio si intendono elementi strutturali connessi al terreno o alla roccia, che in esercizio sono sollecitati a trazione.

Le forze di trazione sono quindi applicate sulla struttura da tenere ancorata mediante una piastra di ripartizione (testata).

In tali elementi, la sollecitazione di trazione è impressa in tutto, o in parte, all'atto del collegamento con l'opera ancorata.

Il tirante si compone delle seguenti parti:

- la testa, costituita dal dispositivo di bloccaggio e dalla piastra di ripartizione;
- il tratto libero intermedio di collegamento tra testa e tratto attivo;
- il tratto attivo (fondazione), che trasmette al terreno la forza di trazione del tirante.

I tiranti, in relazione alla modalità di sollecitazione, vengono distinti in:

- tiranti passivi, nei quali la sollecitazione di trazione nasce quale reazione a seguito di una deformazione dell'opera ancorata;
- tiranti attivi, nei quali la sollecitazione di trazione è impressa in tutto o in parte all'atto del collegamento con l'opera ancorata

In relazione alla tensione iniziale, si distinguono in:

- presolleccitati: tiranti ai quali viene indotta una forza di tesatura N_i superiore a quella di esercizio N_{es} ($N_i > N_{es}$);
- parzialmente presolleccitati: tiranti ai quali viene indotta una tesatura inferiore o uguale a quella di esercizio ($N_i \leq N_{es}$);
- non presolleccitati: tiranti ai quali non viene indotta alcuna tesatura ($N_i = 0$).

I tiranti, in relazione alla durata di esercizio, vengono distinti in:

- tiranti provvisori, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo limitato e definito a priori (in genere posto inferiore a due anni);
- tiranti permanenti, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo commisurato alla vita utile dell'opera ancorata.

Di norma, l'armatura dei tiranti di ancoraggio è costituita da un fascio di trefoli in acciaio, tipo c.a.p., solidarizzati al terreno mediante iniezioni cementizie.



Le barre d'ancoraggio sono elementi strutturali che, in esercizio, vengono sollecitati a trazione, e che sono in grado di assorbire anche eventuali sollecitazioni taglienti.

Si tratta quindi di tiranti particolari, i cui elementi caratteristici sono:

- armatura, costituita da una singola barra;
- lunghezza, in genere limitata;
- solidarizzazione, di norma, per semplice cementazione.

Analogamente ai tiranti di ancoraggio, è possibile operare distinzioni in base alle modalità di applicazione degli sforzi di trazione (attivi e passivi) ed in base alla durata di esercizio (provvisori e permanenti).

1.1.2 CHIODATURE E BULLONI

Con il termine "chiodature" si definiscono ancoraggi tipicamente passivi, costituiti da elementi strutturali operanti in un dominio di taglio e trazione conseguente ad una deformazione da taglio, generalmente privi di testa di ripartizione e con l'armatura costituita da:

- barra in acciaio ad aderenza migliorata;
- profilato metallico;
- barra o tubo in vetroresina, con superficie corrugata o scabra

La loro connessione al terreno può essere ottenuta con cementazione mediante miscele cementizie o chimiche o con mezzi meccanici, mediante semplice infissione.

I bulloni sono elementi strutturali che, in esercizio sono sollecitati a trazione e che sono in grado di assorbire anche eventuali sollecitazioni taglienti.

I bulloni sono caratterizzati da una lunghezza limitata, di norma non superiore a 12 m, da armatura costituita da una singola barra, dall'assenza di guaine, salvo che in funzione di protezione anti-corrosiva, dalla presenza di testa d'ancoraggio, da solidarizzazione per semplice cementazione o per frizione concentrata o diffusa su tutta la lunghezza e da impiego prevalente in roccia. Possono essere convenzionalmente suddivisi in:

- bulloni ad aderenza continua in barre d'acciaio;
- bulloni ad espansione meccanica con tubo di acciaio sagomato ad "omega";
- bulloni ad espansione meccanica con barra di acciaio e testa di ancoraggio espandibile;



- bulloni costituiti da lamiera, barre o profilati infissi a pressione senza perforazione preventiva

Analogamente ai tiranti di ancoraggio, è possibile distinguere i bulloni in base alle modalità di applicazione degli sforzi di trazione (attivi e passivi) e in base alla durata di esercizio (provvisori e permanenti).

1.2 DRENI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- da B.01.005 a B.01.020.2
-

Le strutture di drenaggio più comunemente utilizzate sono:

1.2.1 MICRODRENI

I microdreni sono costituiti da fori appositamente realizzati nel terreno mediante sonde di perforazione ed attrezzi con tubi parzialmente o totalmente filtranti.

I microdreni possono avere lunghezza variabile ed essere inclinati fino alla quasi orizzontalità, a seconda dello scopo per cui il progetto ne prevede la installazione.

1.2.2 TRINCEE DRENANTI

Le trincee drenanti consistono in scavi di sezione prestabilita, riempiti con materiale arido permeabile, di granulometria selezionata. Le trincee sono di norma eseguite lungo le linee di massima pendenza delle scarpate da proteggere. La loro profondità può variare da 4÷5 m a 10÷15 m, per cui le attrezzature di scavo dovranno essere prescelte in base alle esigenze progettuali e alle loro effettive capacità operative.

Il fondo dello scavo dovrà essere adeguatamente impermeabilizzato, mediante posa di canalette in elementi prefabbricati in c.a. oppure impregnando con bitume il corrispondente tratto dei geotessili impiegati per rivestire le pareti dello scavo.

1.2.3 POZZI DRENANTI

I pozzi drenanti sono utilizzati negli interventi di consolidamento di scarpate instabili, allo scopo di intercettare le acque di falda sino a grande profondità.

L'intervento consiste nella realizzazione di batterie di pozzi di diametro generalmente compreso fra 1,2 e 2 m, a interassi variabili fra 6 e 10 m circa, filtranti su tutto il mantello, reciprocamente collegati sul fondo con uno o più collettori di raccolta e scarico.

Le acque di drenaggio vengono smaltite per gravità, realizzando i collettori di fondo con una pendenza in genere non inferiore al 2%.



1.2.4 DRENI VERTICALI PREFABBRICATI

Sono dreni prefabbricati industrialmente, costituiti da nastri flessibili e arrotolabili nei quali esiste un involucro filtrante plastico, cartaceo o in materiali similari avvolto intorno a un elemento di irrobustimento centrale, sempre in materiale plastico o affine; il nastro può anche essere semplicemente costituito da un unico corpo filtrante in materiale plastico, senza elemento centrale.

1.2.5 DRENI IN SABBIA

In presenza di terreni fortemente compressibili dovendosi provvedere al loro prosciugamento e consolidamento, potranno adottarsi dreni (o pali) di sabbia.

1.3 TRATTAMENTI COLONNARI JETTING (JET GROUTING)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- da B.02.001 a B.02.010.b

Sono definiti trattamenti colonnari jetting gli interventi di consolidamento e miglioramento dei terreni, mediante mescolazione in posto con leganti cementizi, con la tecnica esecutiva basata sull'impiego dei sistemi jetting (ad uno o più fluidi).

Perforato il terreno, l'iniezione jetting viene eseguita di norma in risalita, utilizzando quale circuito di iniezione la batteria di aste di perforazione e l'utensile di disgregazione, opportunamente corredato di ugelli di iniezione.

Per effetto della rotazione dell'asta durante l'estrazione, l'iniezione jetting realizza una colonna il cui diametro medio nominale dipende dalle modalità e dai parametri di iniezione utilizzati (n. dei fluidi, pressioni, velocità di rotazione e di risalita, ecc.).

Gli elementi ottenuti, qualora previsto dal progetto, possono essere successivamente armati, utilizzando barre in acciaio ad aderenza migliorata o tubi metallici.

L'inserimento dell'armatura può avvenire a miscela cementizia fresca, per infissione a pressione, oppure riproforando le colonne con fanghi cementizi aventi la stessa composizione della miscela di iniezione.

1.4 INIEZIONI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- da B.09.016 a B.09.017
 - Le iniezioni costituiscono una tecnica atta a modificare le caratteristiche meccaniche (resistenza e deformabilità) e le caratteristiche idrauliche (permeabilità) di terreni porosi e



di rocce fessurate o fratturate, o aventi cavità di varie dimensioni, per effetto dell'immissione di idonee miscele, attraverso fori di piccolo diametro.

- Tali miscele sono dei fluidi (sospensioni, soluzioni, emulsioni) dotate di proprietà reologiche evolutive, inizialmente idonee alla penetrazione nel mezzo poroso o fratturato, e che raggiungono in seguito le caratteristiche adeguate agli scopi del trattamento.
- I terreni iniettabili comprendono i terreni alluvionali o detritici, fino ad un certo limite di permeabilità (dalle ghiaie alle sabbie fini) e le rocce (da carsiche a microfessurate).

2 MODALITA' DI ESECUZIONE, CARATTERISTICHE, VERIFICHE E CONTROLLI DI ACCETTAZIONE

2.1 ANCORAGGI

- Preliminarmente alla caratterizzazione delle singole lavorazioni componenti le strutture trattate nel presente capitolato, va evidenziato come, in accordo alle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, per quanto attiene l'identificazione e la qualificazione dei materiali e prodotti per uso strutturale, possono configurarsi i seguenti casi:
 - a) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali sia disponibile una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato su GUUE. Al termine del periodo di coesistenza il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se in possesso della Marcatura CE, prevista dalla Direttiva 89/106/CEE "Prodotti da costruzione" (CPD), - recepita in Italia dal DPR 21/04/1993, n.246, così come modificato dal DPR 10/12/1997, n. 499 - così come sostituita dal Regolamento Europeo 305/2011 del 09.03.2011 (CPR);
 - b) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma armonizzata, ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle presenti norme. E' fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il produttore abbia volontariamente optato per la Marcatura CE;
 - c) materiali e prodotti per uso strutturale innovativi e non ricadenti in una delle tipologie A) o B). In tali casi, il produttore potrà pervenire alla Marcatura CE in conformità a Benestare Tecnici Europei (ETA), ovvero, in alternativa, dovrà essere in possesso di un Certificato di Idoneità Tecnica all'Impiego rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.
- Per i materiali e prodotti recanti la marcatura CE sarà onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere ad ogni



fornitore, per ogni diverso prodotto, la Dichiarazione di Prestazione (DoP), in linea con l'allegato III del Regolamento sui Prodotti da Costruzione (CPR).

- Per i prodotti non recanti la Marcatura CE, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità dell'Attestato di Qualificazione (caso B), ovvero del Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (caso C) rilasciato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

2.1.1 TIRANTI E BARRE DI ANCORAGGIO

Le caratteristiche geometriche e strutturali dei tiranti e barre di ancoraggio sono definite nel progetto esecutivo.

Le tecniche per eseguire le perforazioni, comunque inclinate ed in materiali di qualsiasi natura, durezza e consistenza, anche in presenza d'acqua di qualsiasi entità e pressione, e le modalità di connessione al terreno dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e delle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione di tiranti di ancoraggio preliminari di prova, approvati dalla Direzione Lavori prima dell'inizio della costruzione dei tiranti di progetto.

A tale scopo l'Impresa dovrà produrre un apposito fascicolo nel quale verrà puntualmente esplicitato sia il sistema esecutivo per la realizzazione dei tiranti di prova (macchinari e materiali) sia la metodologia che verrà adottata per le prove di collaudo dei tiranti prova una volta realizzati.

Particolare cura dovrà essere posta relativamente alla verifica dell'aggressività dell'ambiente nei riguardi del cemento impiegato nella realizzazione della miscela di iniezione dei tiranti.

La suddetta verifica verrà eseguita, **su richiesta della Direzione Lavori**, a cura e spese dell'Impresa.

A tal fine, si prenderanno a riferimento le classi di esposizione per come definite nelle Linee Guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, evidenziando che, in aggiunta ai criteri in queste contenute, l'ambiente verrà dichiarato aggressivo anche quando:

- i tiranti si trovino in vicinanza di linee ferroviarie o di altri impianti a corrente continua non isolati e con potenze maggiori di 50 kW;
- l'opera risulti situata a distanza ≤ 300 m dal litorale marino.

In caso di ambiente aggressivo accertato, l'utilizzo del tipo di cemento dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori e dovrà esserne certificata l'idoneità, in accordo a quanto prescritto nella norma UNI 9156:2007.



In aggiunta a quanto prescritto nel cap. 6.6. del D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le costruzioni", è applicabile la norma UNI EN 1537:2002", che stabilisce e definisce i principi per la tecnologia dei tiranti, applicabile all'installazione, prova e controllo di tiranti permanenti e provvisori, per i quali è sottoposta a prova la capacità di ancoraggio.

2.1.2 PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI

Gli ancoraggi preliminari di prova dovranno essere eseguiti in aree limitrofe a quelle interessanti i tiranti di progetto e comunque rappresentative della zona di intervento dal punto di vista geotecnico e idrogeologico.

Le modalità di applicazione e l'entità del carico massimo di prova e così pure la successione dei cicli di carico e scarico, proposti dall'Impresa, ed approvati dalla Direzione Lavori, dovranno essere in accordo con le prescrizioni di progetto ovvero con le Raccomandazioni AICAP-AGI "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce", edizione Giugno 2012.

Gli ancoraggi preliminari di prova dovranno essere eseguiti alla presenza della Direzione Lavori.

Nel caso l'Impresa proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente, dovrà dar corso a sua cura e spese a nuove prove tecnologiche secondo quanto sopra riportato.

Le prove preliminari di progetto servono per stabilire dimensionamento e modalità costruttive di ogni diversa tipologia di ancoraggio e per ogni possibile situazione geotecnica, misurando uno o più valori della resistenza a sfilamento della fondazione $R_{a,m}$ e per verificare che la capacità del sistema di ancoraggio sia idonea ad assorbire l'azione di progetto P_d .

Il numero minimo di ancoraggi da sottoporre a prova (nel rispetto delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008) è indicato nella seguente Tabella 3.1, che riporta anche l'articolazione delle prove fra le diverse modalità.

N. ancoraggi da eseguire	N. minimo di prove da eseguire	Modalità di prova	
		Tipo 1	Tipo 2
Compreso tra 1 e 30	1	1	--
Compreso tra 31 e 50	2	1	1
Compreso tra 51 e 100	3	2	1
Compreso tra 101 e 200	7	2	5
Compreso tra 201 e 500	8	3	5

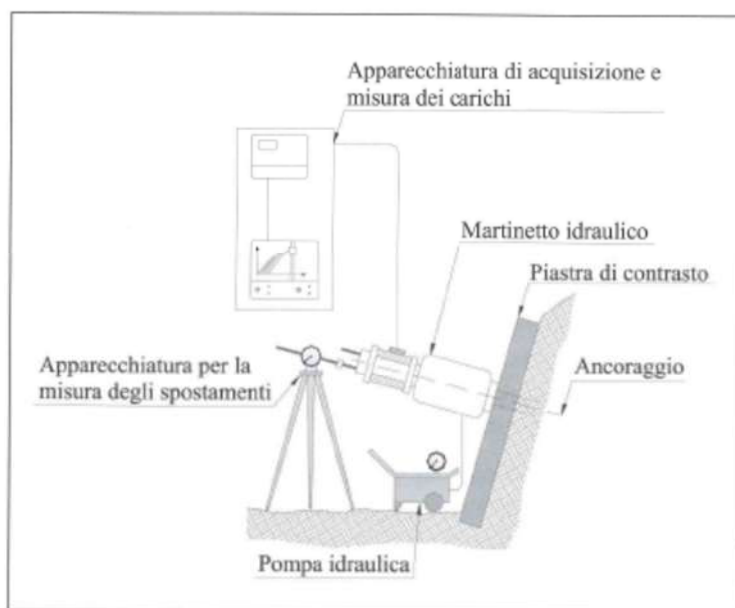


Oltre 500	10	3	7
-----------	----	---	---

Tabella 3.1: Numero minimo di ancoraggi preliminari da sottoporre a prova

Al fine di conteggiare il numero degli ancoraggi da sottoporre a prova, si considerano di una stessa tipologia gli ancoraggi adibiti alla medesima funzione, aventi uguale tipo e sezione di armatura, modalità e diametro di perforazione, modalità e pressione di iniezione.

Il dispositivo di prova è costituito da un martinetto idraulico alimentato da una pompa motorizzata, da un sistema di contrasto e dagli strumenti di misura, secondo l'allestimento rappresentato nello schema seguente:



Gli strumenti devono consentire la misura del tiro applicato, preferibilmente per mezzo di una cella di carico in asse all'ancoraggio, l'allungamento dell'armatura, la pressione applicata al martinetto di tesatura. Inoltre, è opportuno che nel corso delle prove venga misurato lo spostamento (assoluto) della struttura di contrasto, prendendo come riferimento un punto fisso esterno alla zona che può essere influenzata dalla prova.

Tutte le prove prescritte dalla Direzione Lavori sui tiranti di prova dovranno essere condotte da un Laboratorio Ufficiale incaricato dall'Impresa esecutrice; lo stesso Laboratorio alla conclusione delle prove fornirà alla DL un report esaustivo con l'interpretazione dei dati rilevati.

Si evidenziano due tipologie di prove:



Il primo tipo di prova è una prova di sfilamento: ha lo scopo di determinare la tensione tangenziale limite convenzionale di aderenza tra la fondazione ed il terreno, per il dimensionamento della fondazione degli ancoraggi definitivi. L'ancoraggio di prova ha quindi un'armatura sovradimensionata per quanto possibile in relazione al diametro di perforazione, oppure una lunghezza di fondazione ridotta rispetto agli ancoraggi definitivi, in modo che possa essere sfilato dal terreno senza determinare lo snervamento dell'armatura.

Il secondo tipo di prova è una prova di idoneità: si esegue su un ancoraggio realizzato come quelli definitivi, con caratteristiche della fondazione e dell'armatura identiche a quelle previste per gli ancoraggi in opera con la sola eccezione della sezione metallica dell'armatura che sarà la massima compatibile con il diametro di perforazione. La prova ha lo scopo di misurare un valore $R_{a,m}$ della resistenza dell'ancoraggio e di verificare l'idoneità complessiva del dispositivo alle prestazioni richieste.

Per maggiori dettagli sull'esecuzione delle prove si rimanda al paragrafo APPENDICE.

2.1.3 CONTROLLI DURANTE L'ESECUZIONE

Perforazione

La perforazione potrà essere eseguita a rotazione o a rotopercolazione, in materie di qualsiasi natura e consistenza, compreso calcestruzzi, murature, trovanti e/o roccia dura, anche in presenza di acqua.

Quando sia previsto dal progetto e sia compatibile con la natura dei terreni, si potranno eseguire, mediante l'impiego di appositi utensili allargatori, delle scampanature di diametro noto, regolarmente intervallate lungo la fondazione del tirante.

In base alle indicazioni emerse nel corso della esecuzione dei tiranti preliminari di prova e, comunque in presenza di falde artesiane e di terreni particolarmente permeabili, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese, a preventive iniezioni di intasamento all'interno del foro con miscele e modalità approvate dalla Direzione Lavori.

La DL avrà cure di verificare che, nella realizzazione dei fori, siano rispettate le seguenti tolleranze:

- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di progetto e non superiore del 10% di tale diametro;
- la lunghezza totale di perforazione dovrà risultare conforme al progetto;
- la variazione angolare in verticale e in orizzontale rispetto a quanto previsto nel progetto, non dovrà essere maggiore di $\pm 5^\circ$, controllata dopo un avanzamento di 2 m di foro;
- la posizione della testa foro non dovrà discostarsi più di 10 cm dalla posizione di progetto

La lunghezza totale dell'armatura e la lunghezza del tratto attivo, posizionato nella parte terminale della perforazione, dovranno risultare conformi alle indicazioni progettuali.



Iniezione

Come già in precedenza evidenziato, l'Impresa presenterà alla DL lo studio preliminare sulla miscela cementizia di iniezione secondo le indicazioni progettuali. I risultati delle prove eseguite in fase preliminare, verranno riportati su una apposita relazione, dove verrà definita la composizione della miscela da utilizzare in fase esecutiva.

Gli additivi dovranno essere conformi alla norma UNI EN 934-4:2009.

La miscela, di norma, dovrà presentare i requisiti seguenti, periodicamente controllati durante le lavorazioni.

- fluidità Marsh da 10 sec. a 35 s;
- essudazione 2%;
- resistenza a compressione a 28 giorni > 25 MPa valutata su coppia di provini cubici.

La prova di fluidità e la prova di essudazione dovranno essere eseguite a cura dell'Impresa, ogniqualvolta verrà richiesto dalla Direzione Lavori.

Se, in occasione di tali controlli, anche solo una delle prove non fornisse risultati conformi a quanto richiesto, le iniezioni saranno sospese e potranno riprendere solo dopo la confezione di una nuova miscela con idonee caratteristiche.

Dovrà essere effettuato il controllo della resistenza a compressione della miscela mediante l'esecuzione di un prelievo ogni tirante o gruppo di tiranti iniettati contemporaneamente.

L'iniezione dovrà avere carattere di continuità, e non potrà assolutamente venire interrotta. In caso di interruzione, superiore a 5 minuti, a causa di forza maggiore, il foro verrà lavato e l'iniezione andrà ripresa dall'inizio.

Se necessaria, successivamente all'inserimento del tirante, sarà eseguita la cementazione di prima fase; si utilizzerà un volume di miscela cementizia commisurato al volume teorico del foro.

Completata l'iniezione di 1^a fase si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di iniezione.

Trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione.

Per eseguire l'iniezione dovranno essere utilizzate delle attrezzature di potenza adeguata a garantire la produttività prevista e le cui caratteristiche dovranno essere comunicate alla Direzione Lavori. Dovranno inoltre essere rilevate le pressioni di apertura delle singole valvole nonché i volumi di assorbimento.

In terreni altamente permeabili o in rocce fessurate, preliminarmente alla posa del tirante, dovranno essere eseguite nel foro prove in sito di permeabilità. Nel caso che tali prove indicassero,



per il tratto ancorato perdite di miscela superiori a 5 l/min con pressioni di 0,1 MPa, si dovranno attuare misure preventive di riduzione del grado di permeabilità quali preiniezioni con apposite miscele di intasamento. A seguito di tali operazioni, per la posa in opera del tirante si renderà necessaria la riperforazione del foro di alloggiamento, a cui seguiranno la posa del tirante e le normali iniezioni.

Ove il progetto preveda iniezioni con resine sintetiche, si adotteranno modalità operative conformi alle raccomandazioni fornite dal produttore.

Le resine, rispondenti alla norma UNI EN 1504-6:2007, saranno di norma impiegate per la solidificazione delle barre in acciaio alla roccia. Preferenzialmente, saranno impiegate resine epossidiche a due componenti e resine poliesteri insature.

Oltre al corretto dosaggio dei componenti, i principali fattori che influenzano il comportamento delle miscele di iniezione a base di resine sono:

- la viscosità in fase fluida;
- i tempi di indurimento e loro dipendenza dalla temperatura;
- la compatibilità con la presenza di acqua

Trascorsi 28 giorni dall'ultima iniezione, o meno, secondo il tipo di miscela, ogni tirante verrà sottoposto a tesatura di collaudo.

L'inizio delle operazioni di tesatura e collaudo dovrà essere comunque autorizzato dalla Direzione Lavori.

Qualora espressamente richiesto in sede progettuale o in sede esecutiva dalla Direzione Lavori, l'Impresa dovrà garantire l'idoneità del tirante all'inizio delle operazioni di tesatura in termini temporali inferiori a 28 giorni.

A tale scopo, sarà a completo carico dell'Impresa l'eventuale impiego di additivi speciali, acceleranti, atti a garantire la presa della miscela di iniezione del tratto attivo nel termine prescritto.

2.1.4 CONTROLLI E COLLAUDI FINALI

Il collaudo di un ancoraggio si esegue tramite la prova di accettazione.

Si definisce prova di accettazione di un ancoraggio la prova di tesatura non distruttiva per il controllo finale del dispositivo posto in opera.

La prova consiste in un ciclo semplice di carico e scarico dell'ancoraggio realizzato secondo uno dei due metodi successivamente indicati.

La prova di accettazione deve essere effettuata su tutti gli ancoraggi prima o al momento della loro utilizzazione, comunque dopo che sia trascorso il tempo necessario alla maturazione della miscela utilizzata per realizzare la fondazione e quello occorrente, nel caso di terreni a grana fine sensitivi, per consentire al terreno di recuperare le proprietà meccaniche originali alterate nel corso delle operazioni di realizzazione dell' ancoraggio.



La prova di accettazione si esegue per:

- verificare che ogni ancoraggio sia idoneo a sopportare il carico massimo di prova;
- verificare che, al massimo carico di prova, il valore degli allungamenti ΔL o del rapporto di creep α risultino contenuti entro i limiti previsti;
- determinare la lunghezza libera apparente L_{app} dell'ancoraggio

Come per le prove preliminari, anche per le prove di collaudo l'Impresa, con l'ausilio del Laboratorio incaricato dalla stessa, sarà tenuta a presentare alla DL per la approvazione, la tipologia delle prove (metodo a carico costante ovvero ad allungamento costante) da effettuare con un cronogramma delle attività da svolgersi.

I controlli sulle prove di collaudo del singolo ancoraggio, ai fini dell'accettazione dello stesso, dovranno verificare le seguenti condizioni:

1. sul comportamento dell'ancoraggio nel tempo

a1) se la prova è condotta a carico costante (P_c):

il valore degli allungamenti ΔL_{P_c} o del rapporto di creep α devono risultare contenuti entro i limiti previsti dalla seguente Tabella 3.2

	Roccia o terreni incoerenti	Terreni a grana fine
Carico di Prova	P_c	P_c
Prove rapide		
t_1 (min)	2	5
t_2 (min)	5	15
Allungamento $\Delta L = L_2 - L_1$ (mm)	$\leq 0,5$	$\leq 0,6$
Prove con tempi di osservazione lunghi		
t_2 (minuti)	>30	>60
rapporto di creep α (mm)	$\leq 2,0$	$\leq 2,0$

Tabella 3.2: Valori di riferimento degli allungamenti e del rapporto di creep

a2) se la prova è condotta ad allungamento costante (ΔL_0):



la variazione della forza all'apice del ciclo deve risultare:

- inferiore al 3% della forza di collaudo ($\Delta P_c < 0,03 P_c$), per 60 minuti di tempo di osservazione;
- inferiore al 6% della forza di collaudo ($\Delta P_c < 0,06 P_c$), per 24 ore di tempo di osservazione

b) per entrambi i tipi di prova, l'allungamento permanente ΔL_{per} deve essere contenuto entro valori fissati dal progettista ed in ogni caso non deve superare il 10% dell'allungamento elastico ΔL .

2. sulla lunghezza libera apparente

La lunghezza libera apparente deve verificare le seguenti condizioni:

$$0,9 L_t \leq L_{app} \leq L_t + 0,5 L_f$$

in cui L_{app} è data in prima approssimazione dalle espressioni di seguito riportate:

- $L_{app} = \Delta L_0 \cdot A_s \cdot E_s / (P_c - P_a)$ (prova a carico costante)
Valida nel caso in cui la forza di attrito che si sviluppa lungo il tratto libero dell'ancoraggio può essere trascurata (inferiore al 5% del carico di prova P_p)

- $L_{app} = \Delta L_0 \cdot A_s \cdot E_s / (P_c - P_a - \Delta f)$ (prova a carico costante)

Dove ΔP_f rappresenta la correzione del carico per tenere conto dell'attrito nel tratto libero

- $L_{app} = \Delta L_0 \cdot A_s \cdot E_s / (P_c - \Delta P - P_a)$ (prova ad allungamento costante)

Gli ancoraggi che non soddisfano i requisiti di collaudo sopra indicati vanno sostituiti con nuovi ancoraggi o opportunamente declassati.

2.1.5 CHIODATURE E BULLONI

I materiali utilizzati dovranno essere certificati dal produttore secondo quanto indicato al cap. 11.1. delle NTC di cui al DM 14/01/2008. Le informazioni relative alla esecuzione dei chiodi saranno riportate, a cura dell'Impresa, su una scheda tecnica preventivamente approvata dalla Direzione Lavori.

Chiodi in vetroresina

Per chiodi in vetroresina si utilizzeranno solo prodotti chimicamente affini al materiale costituente l'armatura. In casi e per applicazioni particolari, i chiodi potranno essere inseriti a pressione, con o senza battitura, con o senza jetting (attraverso la sezione cava).



Di norma, i chiodi in vetroresina saranno a sezione circolare, piena o cava, con diametri variabili da 20 a 60 mm; per i profilati a sezione cava si richiedono spessori minimi non inferiori a 5 mm.

Ove necessario o espressamente richiesto dal progetto, le barre dovranno essere del tipo ad aderenza migliorata, ad esempio mediante trattamento di filettatura continua.

L'impiego di profilati con sezioni di geometria particolare (a doppio T, ad U, prismatica) potrà essere consentito, ove previsto da progetto.

I tubi in vetroresina dovranno essere non giuntati per lunghezze fino a 15 m mentre per lunghezze maggiori, la giunzione dovrà essere ottenuta mediante manicotti di resistenza non inferiore a quella del tubo. Non saranno accettate giunzioni incollate.

2.1.6 BULLONI IN ACCIAIO

I bulloni in acciaio possono essere di diversa natura in funzione dello scopo prefisso; fra le varie tipologie si possono citare:

- Bulloni ad aderenza continua, autoperforanti o non, costituiti da tubi o barre in acciaio e idonei ad essere impiegati come rinforzi strutturali nelle costruzioni e riqualificazione degli ammassi rocciosi instabili, soil-nailing, ovvero consolidamento di terreni sciolti mediante iniezione di malte cementizie, o resine appropriate sia impermeabilizzanti sia compattanti.

L'impiego classico degli autoperforanti è il consolidamento e/o il tirantaggio di manufatti in terreni misti, quali sabbie, argille ed alluvionali.

La cementazione del bullone sarà effettuata immediatamente dopo il completamento della perforazione, mediante iniezioni di boiaccia di cemento antiritiro ovvero con fialoidi di resina epossidica, con tutti gli accorgimenti e i materiali necessari per assicurare il completo riempimento dei fori e l'aderenza del bullone al terreno per tutta la sua lunghezza.

La filettatura della superficie del chiodo, consente anche l'unione di più barre con manicotto filettato per ottenere ancoraggi della lunghezza voluta. L'ancoraggio in testa è assicurato con apposite piastre bloccate da appositi bulloni.

Per ciò che riguarda le caratteristiche delle miscele di iniezione, si rimanda a quanto già specificato per i tiranti di ancoraggio.

- Bulloni ad espansione meccanica con tubo di acciaio espandibile, preresinato e sagomato ad omega, atti a sopportare una forza di utilizzazione in esercizio non inferiore a 100 kN.

La piastra di ancoraggio in acciaio avrà dimensioni non inferiori a 150x150x10 mm.

I materiali avranno le seguenti caratteristiche:

Prima dell'inserimento del bullone il foro dovrà essere accuratamente pulito rimuovendo i residui di perforazione. L'installazione dovrà avvenire al massimo dopo 2 ore dall'ultimazione della perforazione. Ultimata l'espansione, l'interno del bullone dovrà essere accuratamente drenato.



Qualora il progetto preveda che i bulloni siano sollecitati da sforzi di taglio l'espansione dovrà essere realizzata con miscela cementizia, avente le caratteristiche previste in progetto, anch'essa iniettata a pressione non inferiore a 30 MPa.

- Bulloni ad espansione meccanica con testa di ancoraggio espandibile, realizzati con barre di acciaio aventi diametro non inferiore a 16 mm, avente tensione di snervamento non inferiore a 380 N/mm² ed allungamento a rottura non inferiore al 14%.

La piastra di ancoraggio in acciaio avrà dimensioni non inferiori a 150x150x6 mm.

Le teste di ancoraggio dovranno essere dotate esclusivamente di dispositivo a espansione automatico in modo che anche a distanza di tempo dalla posa e a seguito di deformazioni dell'ammasso roccioso, la testa possa continuare a espandere mantenendo efficace l'ancoraggio.

2.1.7 PROVE E CONTROLLI SU BARRE E BULLONI

2.1.7.1 Prove Preliminari

Per bulloni con ancoraggio ad espansione meccanica, la prova dovrà essere eseguita tesando il bullone con velocità costante, pari a quella prevista per la tesatura dei bulloni da realizzare, e rilevando la forza corrispondente alla rottura della fondazione e, nel caso che tale rottura non si verifichi, spingendo la prova fino a raggiungere lo snervamento dell'armatura (limite allo 0,2%).

Quale forza ultima del bullone si assumerà il valore della forza corrispondente alla rottura della fondazione o, nel caso tale rottura non si verifichi, il valore della forza corrispondente al limite allo 0,2% dell'acciaio della barra impiegata. Nel caso di bulloni con ancoraggio con cementazione, le prove dovranno essere eseguite su bulloni con lunghezza di fondazione pari a 0,85 volte la lunghezza prevista nel primo dimensionamento. La prova si effettuerà con le stesse modalità previste nel caso precedente. Quale forza limite ultima del bullone si assumerà il valore della forza corrispondente alla rottura della fondazione diviso per 0,85 o, nel caso tale rottura non si determini, il valore della forza corrispondente al limite allo 0,2% dell'acciaio della barra impiegata.

Il carico limite viene definito nel caso di rottura della fondazione, come il valore medio delle forze limiti di rottura di almeno 5 prove di ancoraggio, nell'ambito dello stessa tratta omogenea di ammasso roccioso.

Nel caso in cui il numero dei bulloni o chiodi sia superiore a 100, si eseguirà una prova ogni 100 bulloni o chiodi o frazione di 100.

2.1.7.2 Prove di collaudo

È facoltà della Direzione Lavori richiedere la verifica dei chiodi e dei bulloni messi in opera. Il numero di ancoraggi da sottoporre alla prova sarà stabilito a esclusiva discrezione della Direzione lavori in ragione della possibilità di accedere agli ancoraggi senza interferire con altre opere e del-



le condizioni geomeccaniche dell'ammasso roccioso. In via orientativa, il numero di ancoraggi da sottoporre alla prova di collaudo è $n = 2 + N/100$, dove N è il numero complessivo dei tiranti realizzati.

La prova consiste nel caricare l'ancoraggio a velocità costante fino alla forza di collaudo N_c . Si registra l'allungamento, che non deve superare il 2% della lunghezza libera dell'ancoraggio e la perdita di tensione non deve superare il 2% della tensione di prova.

La forza di collaudo N_c è definita quale maggior valore fra 1,2 volte la forza di esercizio, ovvero 0,85 volte la forza ultima caratteristica del tipo di ancoraggio determinata nel corso delle prove preliminari.

Nel caso di bulloni pretesi, anche per questi dovrà essere eseguita una prova di collaudo che costituisca una fase della messa in tensione degli ancoraggi

2.2 DRENI

I dreni hanno la funzione di captare venute localizzate di acqua, ovvero di limitare al valore richiesto il regime delle pressioni interstiziali.

Gli scopi dei dreni sono sostanzialmente due:

- favorire nei terreni coesivi normalmente consolidati i processi di consolidamento sotto carico, accelerando il decorso dei relativi cedimenti;
- abbattere il livello piezometrico della falda, per favorire la stabilità di scarpate naturali o artificiali, i fronti di scavo di gallerie, ecc..

2.2.1 MICRODRENI

I microdreni sono costituiti da tubi parzialmente o totalmente filtranti, inseriti in fori appositamente realizzati nel terreno mediante sonde di perforazione; possono avere lunghezza variabile ed essere inclinati fino alla quasi orizzontalità, a seconda dello scopo per cui il progetto ne prevede la installazione.

Il progetto definisce compiutamente tipo, interasse, lunghezza, diametro e disposizione dei tubi; l'Impresa dovrà realizzare i dreni con le prescritte caratteristiche, sottoponendo preventivamente alla DL eventuali proposte di variazione rispetto alle caratteristiche tipologiche prefissate, che dovranno comunque essere tali da garantire le medesime capacità e funzionalità.

La perforazione dovrà essere condotta con modalità preventivamente proposte alla DL e da questa approvate.

E' considerato ammissibile uno scostamento massimo dell'asse teorico non superiore al 3%.

La cementazione si eseguirà ponendo in opera una miscela cementizia, mediante un condotto di iniezione munito di doppio otturatore, subito dopo l'estrazione del rivestimento provvisorio.



La sequenza operativa dovrà essere preventivamente proposta dall'Impresa ed approvata dalla Direzione dei Lavori.

Ove previsto dal progetto, il tratto filtrante sarà rivestito con un foglio di geotessile, che dovrà essere conforme alla norma UNI EN 13252:2005, le cui caratteristiche saranno di volta in volta specificate, e comunque non inferiori a quanto prescritto nella seguente Tabella 3.3.

<i>Spessore (UNI EN ISO 9863-1:2005)</i>	2,5 mm
<i>Peso (UNI EN ISO 9864:2005)</i>	300 g/m ²
<i>Resistenza a trazione (UNI EN 12311/1-2:2002)</i>	350 N/5 cm
<i>Allungamento (UNI EN 12311/1-2:2002)</i>	70%
<i>Trazione trasversale (UNI EN 12311/1-2:2002)</i>	500 N/5 cm
<i>Allungamento trasversale (UNI EN 12311/1-2:2002)</i>	30%
<i>Permeabilità (UNI EN ISO 12058:2002)</i>	$5 \cdot 10^{-3}$ cm/s

Tabella 3.3: Caratteristiche minime e limiti di accettabilità dei geotessili per drenaggi

Terminate le operazioni di installazione ed eventuale cementazione dei tubi, il dreno dovrà essere lavato con acqua mediante una lancia con tratto terminale metallico dotato di ugelli per la fuoriuscita radiale del liquido.

Ad installazione e lavaggio avvenuti, ogni dreno sarà mantenuto tale da permettere l'accesso alla bocca, per periodiche ispezioni e misure della portata emunta.

2.2.2 TRINCEE DRENANTI

Le trincee drenanti consistono in scavi di sezione prestabilita, riempiti con materiale arido permeabile, di granulometria selezionata. Le trincee vengono di norma eseguite lungo le linee di massima pendenza delle scarpate da proteggere.

La loro profondità può variare da 4-5 m a 10-15 m, per cui le attrezzature di scavo dovranno essere prescelte in base alle esigenze progettuali e alle loro effettive capacità operative.

Il fondo dello scavo dovrà essere adeguatamente impermeabilizzato, mediante posa di canalette in elementi prefabbricati in c.a. oppure impregnando con bitume il corrispondente tratto dei geotessili impiegati per rivestire le pareti dello scavo.



Per trincee di modesta profondità (6 +7 m) è possibile utilizzare degli escavatori idraulici. In tal caso, lo scavo procederà con continuità, e le operazioni di posa dei geotessili e di riempimento saranno effettuate a seguire.

Per l'esecuzione di trincee drenanti profonde saranno utilizzate le attrezzature e le tecniche di scavo dei diaframmi (vedi sezione capitolato " Fondazioni Profonde").

Lo scavo della trincea dovrà essere necessariamente eseguito a secco, provvedendo al suo immediato riempimento con il materiale drenante. Nei casi in cui la coesione del terreno non sia tale da garantire la stabilità dello scavo, potranno essere utilizzati fanghi biodegradabili. In alternativa si realizzeranno schermi costituiti da pozzi drenanti.

Tutte le caratteristiche dei materiali da utilizzare (geotessili, materiale drenante, tubi drenanti, ect) sono puntualmente definiti in progetto; per quanto riguarda i geotessili inoltre ci si potrà riferire alla precedente tabella 3.3 "Caratteristiche minime e limiti di accettabilità dei geotessili per drenaggi".

2.2.3 POZZI DRENANTI

I pozzi drenanti sono utilizzati negli interventi di consolidamento di scarpate instabili, allo scopo di intercettare le acque di falda sino a grande profondità. L'intervento consiste nella realizzazione di batterie di pozzi di diametro generalmente compreso fra 1,2 e 2,0 m, a interasse variabile fra 6 e 10 m circa, filtranti su tutto il mantello, reciprocamente collegati sul fondo con uno o più collettori di raccolta e scarico.

Per la realizzazione di schermi di pozzi drenanti saranno utilizzate le attrezzature per l'esecuzione di pali trivellati con impiego di colonne di rivestimento provvisorio. E' tassativamente esclusa la possibilità di impiego di fanghi bentonitici, onde evitare che la formazione del "cake" sulle pareti di scavo, riduca l'effetto drenante. Possibilmente, la perforazione dovrà essere effettuata "a secco"; l'impiego di acqua o di fanghi biodegradabili potrà essere autorizzato, in determinate circostanze, dalla DL, sentito il progettista.

Per la costruzione dei collettori di fondo, realizzati introducendo un tubo in PVC ondulato o greccato, saranno utilizzate sonde a rotazione e/o rotopercolazione a manovra corta, le cui dimensioni dovranno essere compatibili con il diametro dei pozzi. Le sonde potranno essere a funzionamento automatico, telecomandato o manuale.

Il diametro della perforazione dovrà rispettare le previsioni progettuali e comunque non dovrà essere inferiore a 120 mm.

2.2.4 PROVE E CONTROLLI

Prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa dovrà trasmettere alla Direzione Lavori una planimetria con indicati tutti i pozzi drenanti, numerati progressivamente, specificando i previsti allestimenti finali (pozzi drenanti, pozzi ispezionabili, ecc.) e la sequenza di esecuzione.



Di norma, i lavori dovranno iniziare dal pozzo posto più a valle, in modo da consentire il funzionamento dell'impianto sin dalle prime fasi di lavoro.

In generale, la pendenza media della condotta di fondo non dovrà essere inferiore al 2%.

Tale condotta può essere realizzata anche a gradini.

L'allontanamento definitivo delle acque sarà ottenuto mediante il loro recapito dai pozzi terminali ad un sistema di canalette superficiali, da disporre lungo opportune direttrici.

Prima di effettuare i collegamenti, dovranno essere controllati tutti i parametri geometrici delle perforazioni verticali ed orizzontali, allo scopo di assicurare la necessaria precisione plano-altimetrica del collegamento. L'Impresa dovrà trasmettere alla Direzione Lavori le modalità di controllo della geometria delle perforazioni.

La tubazione di collegamento deve essere continua ed attraversare il pozzo immersa nel materiale drenante. In corrispondenza di questo tratto, il tubo dovrà essere forato e rivestito di geotessile per la captazione dell'acqua drenata.

L'intercapedine tra tubazione e perforazione sarà adeguatamente impermeabilizzata utilizzando una miscela cementizia plastica.

Sono possibili i seguenti allestimenti:

- pozzi drenanti a tutta sezione;
- pozzi drenanti ispezionabili;
- pozzi drenanti con rivestimento strutturale

Le relative caratteristiche specifiche vengono esposte in Appendice.

2.2.5 DRENI VERTICALI PREFABBRICATI

I dreni prefabbricati a nastro permettono il flusso dell'acqua presente nel terreno lungo l'asse di sviluppo principale, longitudinale, dell'elemento filtrante. L'inserimento nel terreno del dreno si esegue mediante l'infissione a pressione di un mandrino che viene successivamente estratto, lasciando in sito il dreno, oppure mediante la penetrazione a vibrazione di un tubo di infissione con elemento vibrante in testa, azionato idraulicamente, che trascina il dreno fino alla profondità richiesta per poi rilasciarlo.

I nastri prefabbricati dovranno garantire una durata nel tempo adeguata alle necessità di Progetto e in ogni caso non inferiore a 3 anni di esercizio, una portata di scarico assiale non inferiore a 100 m³/anno (con gradiente idraulico unitario e con l'applicazione all'involucro filtrante di una pressione normale totale pari a 3 MPa) e un coefficiente di permeabilità trasversale dell'involucro filtrante di almeno 2×10^{-2} cm/s.



Prima di procedere alla installazione dei dreni, si dovrà provvedere alla completa asportazione del terreno vegetale dall'area di lavoro, regolarizzando la superficie e coprendola con uno strato di sabbia perfettamente pulita, dello spessore di 50 / 80 cm, avente fuso granulometrico corrispondente a quello di una sabbia medio - grossa, con percentuale di passante al vaglio UNI da 0,075 mm non superiore al 2%.

I punti di infissione dei dreni dovranno essere materializzati sul terreno mediante picchetti o punti di riferimento riconoscibili. Le attrezzature dovranno operare da un piano di lavoro adeguatamente stabile e tale da escludere variazioni di assetto delle stesse durante le operazioni di infissione.

2.2.6 DRENI IN SABBIA

La sequenza esecutiva dei dreni (o pali) in sabbia vede:

- asportazione nell'area interessata dello strato superficiale di humus vegetale;
- esecuzione di fori, senza asportazione di materiale, mediante affondamento di tubo forma con il sistema dei pali battuti o mediante metodi equivalenti;
- riempimento dei fori così eseguiti con sabbia lavata, vagliata ed omogenea, avente apposita granulometria in modo da operare come filtro e contestuale sfilamento del tubo forma

Qualora non definito espressamente in progetto, il fuso granulometrico di riferimento dovrà essere quello riportato nella seguente Tabella 3.4 seguente:

Apertura vaglio UNI (mm)	2.2.6.1.1.1.1 Passante %	
	Min.	Max.
0,075	0	2
0,40	0	10
2,00	15	45
5,00	35	75
10,00	70	100

Tabella 3.4: Fuso granulometrico di riferimento per i dreni in sabbia

2.2.7 PROVE E CONTROLLI

Per ogni lotto fornito e, comunque, ogni 100 m³ di sabbia, si dovranno effettuare delle prove granulometriche atte a verificare la conformità della partita alla granulometria specificata in progetto.



Le perforazioni dovranno essere eseguite con modalità tali da garantire profondità, diametro e continuità del foro, che non dovrà subire alcun collasso parziale o chiusura.

Nel caso di impiego di tecniche con disgregazione idraulica del terreno, il foro dovrà essere sempre mantenuto pieno di acqua, per prevenire i danni conseguenti al mancato sostentamento delle pareti del foro per effetto della controspinta idrostatica.

Non è ammesso l'impiego di fluidi di perforazione diversi dall'acqua, priva di additivi, se non perfettamente biodegradabili in 20 / 40 ore.

Il riempimento dei fori con sabbia dovrà essere eseguito dal basso a risalire, iniziando da fondo foro, mediante il convogliamento della sabbia con tubazioni che, nel caso di perforazione con elica, potranno essere costituite dallo spazio anulare cavo interno alle stesse eliche, da ritirare progressivamente con il procedere del riempimento.

A riempimento eseguito, il tratto sommitale di materiale granulare inquinato dai materiali provenienti dalla perforazione dovrà essere asportato, condotto a discarica e sostituito con nuovo materiale drenante approvato fino a realizzare un materasso drenante sommitale di spessore e caratteristiche conformi al progetto.

2.3 TRATTAMENTI COLONNARI

Si definiscono trattamenti colonnari quei trattamenti di consolidamento-impermeabilizzazione in cui il terreno viene stabilizzato mediante rimescolamento con una miscela legante di acqua-cemento immessa a getto ad altissima pressione (jet grouting).

Usando la terminologia UNI EN, il processo di jet grouting consiste nella disgregazione del suolo o della roccia tenera e nella sua miscelazione e parziale sostituzione mediante un agente di cementazione; la disgregazione si ottiene per mezzo di un getto ad alta energia di un fluido che può essere l'agente di cementazione stesso.

Per l'esecuzione, il controllo ed il monitoraggio degli interventi di jet grouting è applicabile la norma UNI EN 12716:2003.

Il trattamento consiste essenzialmente in:

- iniziale perforazione mediante apposita sonda e contestuale pompaggio di fluido ad altissima pressione attraverso le stesse aste di perforazione che determina la disgregazione per idrodemolizione del terreno;
- parziale asportazione del terreno in superficie, utilizzando come liquido vettore il fluido disgregante immesso e come percorso di risalita la medesima perforazione;
- successiva stabilizzazione delle porzioni di terreno rimosse ma non asportate, con fluido cementizio, coincidente o meno con quello disgregante secondo il tipo di tecnologia adottata



Di norma, le perforazioni saranno eseguite con o senza rivestimento, con circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile.

I fluidi di perforazione potranno essere costituite da:

- acqua;
- fanghi cementizi;
- aria, nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo foro

Le pressioni di iniezione devono essere determinate in modo da non provocare indesiderati inconvenienti, quali sollevamenti nelle adiacenze o comunicazioni tra fori o colonne vicine, non ancora indurite.

I trattamenti, che dovranno essere eseguiti secondo modalità di dettaglio previste in progetto ed approvate dalla Direzione Lavori, potranno essere realizzati in verticale o comunque inclinati in relazione alle indicazioni di progetto.

Questi trattamenti implicano la produzione di ingenti volumi di materiale refluo terreno/miscela e l'appaltatore dovrà garantire una corretta gestione e smaltimento conformemente alla vigente normativa di settore.

2.3.1 PROVE PRELIMINARI

La tipologia delle attrezzature prescelte ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere comunicati dall'Impresa alla Direzione Lavori per opportuna informazione.

L'Impresa ha l'obbligo di eseguire una serie di prove preliminari per la messa a punto delle tecniche di perforazione e delle modalità di iniezione della miscela stabilizzante in relazione alla natura dei materiali da trattare ed alle caratteristiche idrogeologiche locali mediante esecuzione di colonne di prova nelle posizioni e quantità prescritte dal progettista e rappresentative dell'intervento che si dovrà realizzare.

Le attrezzature dovranno essere munite di dispositivi di comando e di contagiri per il controllo della velocità di rotazione e di risalita delle aste (temporizzatore a scatti o simili), atti a regolare tali parametri per garantire la continuità della colonna resa.

Sulle colonne del campo prova si dovranno effettuare i test di seguito indicati, che potranno essere richiesti in tutto o in parte o eventualmente integrati, come verrà di volta in volta indicato in funzione della specificità del progetto.



Il diametro sarà misurato mediante la messa a giorno di almeno 3 m delle colonne (trascurando i primi 50÷60 cm dal p.c.).

Qualora gli eventuali strati profondi di terreno da trattare presentino caratteristiche sostanzialmente diverse dai terreni superficiali, le colonne di prova andranno spinte a tali profondità; in questo caso il controllo sarà effettuato solo mediante carotaggi.

Si eseguiranno, inoltre, le seguenti prove:

- esecuzione di un carotaggio continuo su tutte le colonne per tutta la loro lunghezza, posizionato al centro; il carotaggio dovrà mostrare una percentuale di recupero superiore od uguale al 70%;
- esecuzione di un carotaggio continuo per tutta la lunghezza, posizionato all'intersezione di eventuali due colonne compenetranti;
- esecuzione di carotaggi continui lungo il presunto bordo esterno teorico ipotizzabile, in numero sufficiente per l'individuazione del diametro, nel caso di colonne profonde per le quali non è possibile procedere con esami visivi diretti;
- misura della velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali, lungo i fori eseguiti in asse, con il metodo del carotaggio sonico. Le colonne dovranno aver raggiunto almeno 30 gg. di maturazione (preferibilmente 30 gg. nel caso di trattamento di terreni incoerenti e 40 gg. nel caso di terreni coesivi); le misure verranno eseguite attraverso dei tubi in acciaio del diametro interno maggiore o uguale a 35 mm inseriti all'interno delle perforazioni di carotaggio ed adeguatamente cementati;
- per trattamenti intensivi, come ad esempio per la realizzazione di tamponi di fondo, potrà venire richiesta la realizzazione di prove cross-hole attraverso almeno tre tubi in acciaio posti ad un interasse di circa 100 cm (e che comunque verrà definito di volta in volta). Le misure microsismiche dovranno venire effettuate, per tutte le coppie possibili di tubi, sia sul terreno vergine prima dell'intervento, che sul trattamento dopo almeno 30 gg. dalla sua realizzazione;
- per trattamenti intensivi potranno venire richieste prove di permeabilità del tipo Lugeon
I carotaggi dovranno essere eseguiti con corone a diamante e doppio carotiere con almeno 100 mm di diametro nominale.

Sui campioni prelevati si eseguiranno le seguenti operazioni:

- catalogazione, descrizione e documentazione fotografica;
- osservazioni relative al grado di continuità con l'indicazione delle percentuali di recupero e la lunghezza di ciascun pezzo di carota (in cm);
- trasporto, nel laboratorio approvato dalla Direzione Lavori, dei campioni preventivamente inseriti in fustelle di PVC chiuse con paraffina ed opportunamente imballati



Preliminarmente all'avvio dei trattamenti, l'appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori la seguente documentazione:

- una mappa dei trattamenti con la posizione di tutti i punti, contrassegnati con un numero progressivo;
- un programma cronologico di perforazione ed iniezione, elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi della perforazione/iniezione sulle colonne consolidate già eseguite;
- una relazione riportante le caratteristiche dei materiali, delle macchine e degli impianti da impiegare;
- una relazione procedurale riportante le modalità operative da eseguire, con indicazione di pressioni, velocità, portate, composizione delle miscele, numero e tipi di ugelli, ecc.

2.3.2 SISTEMI DI ESECUZIONE DEI TRATTAMENTI

In funzione del numero di fluidi utilizzati, si distinguono tre principali sistemi di jetting:

- **Sistema mono-fluido:** l'iniezione ad alta pressione della miscela avviene attraverso gli ugelli laterali di una testa "monitor" solidale alla testa di perforazione. La miscela, espulsa ad elevata pressione, funge da mezzo disgregante e di miscelazione del terreno circostante
- **Sistema bi-fluido:** l'iniezione ad alta pressione della miscela avviene attraverso degli ugelli a fori coassiali che permettono di iniettare la miscela cementizia dal foro centrale insieme ad un getto di aria in pressione uscente dal foro anulare
- **Sistema tri-fluido:** l'iniezione ad alta pressione della miscela avviene attraverso un ugello posto nella parte inferiore della batteria di aste di perforazione mentre la disgregazione del terreno avviene attraverso un secondo ugello, posto al di sopra del primo, che inietta acqua ad elevata pressione. L'efficacia del getto d'acqua è incrementata da un getto coassiale (anulare) di aria compressa.

A meno di diverse e specifiche prescrizioni progettuali, le caratteristiche delle colonne che si dovranno realizzare saranno conformi a quanto specificato nella seguente Tabella 3.5, ove con:

- q_u : si intende la resistenza media ad espansione laterale libera su campioni prelevati dai carotaggi di controllo;
- D_m : è il diametro medio, in uno stesso tipo di terreno, misurato su colonne scoperte

SISTEMA	TIPO TERRENO	DIAMETRO MEDIO (m) D_m	RESISTENZA (MPa) q_u
---------	--------------	-----------------------------	---------------------------



Monofluido	Incoerenti sciolti	0,60÷0,80	>5÷6
	Incoerenti da mediamente addensati ad addensati	0,4÷0,6	
	Coesivi soffici o mediamente compatti	0,4÷0,6	≥1,5÷2,0
A due fluidi	Coesivi molto compatti	0,3÷0,5	
	Incoerenti sciolti	1,0÷1,5	≥5÷6,0
	Incoerenti da mediamente addensati ad addensati	0,6÷0,9	
A tre fluidi	Coesivi soffici o mediamente compatti	0,7÷1,0	≥1,5÷2,0
	Coesivi molto compatti	0,5÷0,8	
	Incoerenti sciolti	1,6÷2,0	≥5÷6,0
A tre fluidi	Incoerenti da mediamente addensati ad addensati	1,0÷1,5	
	Coesivi soffici o mediamente compatti	1,2÷1,6	≥1,5÷2,0
	Coesivi molto compatti	0,6÷1,00	

Tabella 3.5: Caratteristiche e limiti di accettabilità delle colonne jet-grouting

Il modulo di elasticità tangenziale E dovrà assumere valori pari o superiori a $E \geq 100 q_u$

Usualmente le quantità minime di cemento da iniettare, in funzione del sistema prescelto (la quantità di cemento viene indicata come peso secco per metro cubo di terreno trattato) sono:

- sistema monofluido 350 ÷ 400 kg/m³
- sistema a due fluidi 400 ÷ 450 kg/m³
- sistema a tre fluidi 600 ÷ 700 kg/m³

Le prove tecnologiche preliminari, di cui al paragrafo precedente, definiranno nel dettaglio le quantità di cemento direttamente correlate alla tipologia di terreno attraversato.

L'impresa, a seguito delle prove preliminari e prima di iniziare le lavorazioni, dovrà produrre uno studio sulla tecnica di esecuzione nonché sulle miscele da utilizzarsi compreso eventuali additivi.

Di norma, le miscele cementizie di iniezione per i trattamenti jet-grouting saranno preparate adottando un dosaggio in peso dei componenti tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:



$$1 \leq a/c \leq 2$$

Con cadenza periodica la Direzione dei Lavori provvederà a controllare che la miscela presenti sempre i requisiti seguenti:

- **fluidità Marsh da 10 sec. a 35 sec.;**
- **resistenza a compressione a 28 giorni > 25 MPa valutata su coppia di provini cubici.**

Andranno inoltre verificate le seguenti tolleranze fisiche:

- coordinate planimetriche del centro della colonna: ± 5 cm
- scostamento dall'asse teorico: $\pm 2\%$
- lunghezza: ± 15 cm
- diametro medio reso: non inferiore a quello nominale progetto
- quota testa colonna: ± 5 cm

In caso di interruzione (accidentale o meno) dell'iniezione sarà necessario, eliminato l'inconveniente, far ripartire l'iniezione almeno 50 cm al di sotto della quota di interruzione.

2.3.3 PROVE E CONTROLLI DI ACCETTAZIONE

La geometria dei trattamenti (diametro, posizione e deviazione dell'asse, lunghezza) e la resistenza a compressione del terreno consolidato, dovranno essere accertati mediante sondaggio su colonne scelte dalla Direzione Lavori, in ragione del 5% delle colonne eseguite, con un minimo di 3, mediante carotaggio a rotazione continua. Il centro del carotaggio dovrà essere posizionato a una distanza dal centro della colonna pari al raggio della colonna stessa meno 10 cm. Per le colonne compenstrate, il carotaggio dovrà avvenire in corrispondenza della zona di compenetrazione.

Dal sondaggio, spinto per tutta la lunghezza della colonna fino a penetrare nel terreno naturale alla base della stessa, verranno estratte le carote e verrà determinato l'indice R.Q.D. (indice di recupero modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto dei soli spezzoni con lunghezza > 100 mm.

La percentuale di carotaggio estratto non dovrà risultare inferiore all'85% della lunghezza teorica della colonna e il valore R.Q.D., espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto degli spezzoni di carota di lunghezza ≥ 100 mm dovrà risultare non inferiore al 70%.



La valutazione del diametro verrà effettuata scoprendo le colonne per una profondità conveniente.

Qualora una carota risultasse di lunghezza complessiva inferiore all'85% della lunghezza teorica della colonna o si rivelasse non perfettamente compatta e omogenea, la colonna stessa dovrà essere considerata inaccettabile e si procederà a ulteriori prelievi di carote nelle colonne limitrofe al fine di delimitare la serie di colonne inaccettabili, che dovrà essere sostituita con una nuova serie costruita in immediata adiacenza e ben compenetrata col resto delle colonne.

E' inteso che dovranno essere effettuati i saggi di controllo anche per la serie di colonne eseguite in sostituzione di quelle risultate deficienti, nel numero minimo pari a quello delle colonne risultate inaccettabili nella prima serie di prove.

Per ognuna delle colonne indagate, dai sondaggi eseguiti verranno ricavati da 3 a 5 campioni, aventi rapporto h/d pari a 1,0-1,25, da sottoporre a prove di compressione monoassiale, dalle quali si dovranno ottenere valori di resistenza cilindrica a rottura non inferiori al 95% della media dei valori riscontrati nelle carote prelevate dal campo prova e comunque ≥ 5 MPa a 28 giorni nei materiali incoerenti, con limite minimo di 1,5 – 2 MPa a 40 giorni negli interstrati di terreni coesivi.

Qualora detta resistenza cilindrica dovesse risultare inferiore ai valori suddetti, la serie di colonne afferente le carote provate potrà essere considerata ancora accettabile sentite le determinazioni del progettista.

Qualora dalle prove condotte risultasse che alcuno dei parametri quali lunghezza, diametro, resistenza a compressione, sia variato rispetto a quanto stabilito in sede di progettazione o a quanto emerso dall'esecuzione del campo prove, la Direzione Lavori, sentito il progettista, valuterà la sicurezza progettuale residua. Nel caso tale riscontro dia esito positivo, il trattamento colonnare verrà accettato ma verrà penalizzato il lotto oggetto di difetto della prova.

In caso di esito negativo, l'Appaltatore sarà tenuto a sua totale cura e spese al rifacimento dei trattamenti, oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dallo stesso, dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori preventivamente alla loro realizzazione.

Quando previsto in progetto, le colonne dovranno essere armate con elementi in acciaio (tubi conformi alle norma UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati).

Nel caso di armature in vetroresina, a sezione circolare piena o cava ovvero con profilati a geometria particolare, la loro superficie dovrà essere del tipo ad aderenza migliorata. La giunzione dei profilati è ammessa soltanto mediante l'impiego di manicotti di resistenza non inferiore a quella del tubo.



2.4 INIEZIONI

Come sopra detto, le iniezioni servono a trattare il terreno per migliorarne le caratteristiche meccaniche.

I trattamenti possono suddividersi in:

- impregnazione, quando tendono a riempire i vuoti dei terreni sciolti porosi;
- intasamento, quando tendono a riempire fratture o cavità della roccia;
- ricomprensione, quando tendono a formare, nei terreni fini, un reticolo di lenti resistenti e scarsamente deformabili, ottenuto per fratturazione idraulica (claquage)

Le miscele di iniezione consistono in:

- sospensioni di un legante idraulico in acqua con eventuali additivi stabilizzanti (miscele cementizie);
- soluzioni colloidali, ottenute sciogliendo in acqua colloidali puri (silicato di sodio) ed utilizzando reagenti organici (acetato di etile);
- soluzioni pure inorganiche, costituite da soluzioni acquose di silice pura con impiego di reagenti inorganici.

In relazione alla penetrabilità ed alla stabilità, le sospensioni cementizie si definiscono:

- miscele cementizie instabili, costituite da miscele binarie, nelle quali la fase solida tende a sedimentare con rilevante cessione di acqua libera (bleeding);
- miscele cementizie stabili, costituite da miscele ternarie (acqua- cemento-bentonite) o da miscele binarie corrette con additivi disperdenti e stabilizzanti;
- miscele con cementi microfini, costituite da miscele binarie, con impiego di cementi macinati e additivati.

L'Impresa, nel proporre alla Direzione dei Lavori la tecnica di realizzazione e la composizione della miscela, dovrà valutare attentamente gli elementi di conoscenza delle caratteristiche dei terreni (stratigrafia, granulometria, etc.), o i caratteri strutturali e morfologici degli ammassi rocciosi (grado di fratturazione, permeabilità Lugeon, etc.). Dovrà inoltre valutare attentamente l'influenza della falda (pressione, velocità di filtrazione, etc.).

I materiali che verranno introdotti nel terreno dovranno avere caratteristiche non inquinanti e comunque non nocive, anche a tempi lunghi ed in presenza di acqua sia di infiltrazione che di falda.



Pertanto l'Appaltatore dovrà garantire che il prodotto solidificato non sia affetto da fenomeni di instabilità o reversibilità chimica e/o fisica, salvaguardando inoltre la falda da qualsiasi compromissione e tutelandone la possibilità di utilizzo.

Ove ne ricorra l'opportunità, la Direzione Lavori richiederà l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari.

I fori di iniezione dovranno essere realizzati nella posizione e con le inclinazioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

- coordinate plano-altimetriche: ± 5 cm;
- scostamento dall'asse teorico: $\pm 2\%$;
- lunghezza: ± 15 cm

Di norma, salvo diverse indicazioni progettuali, le miscele cementizie di iniezione per i trattamenti di impregnazione saranno preparate adottando un dosaggio in peso dei componenti tale da soddisfare un rapporto cemento/acqua:

$$0,2 \leq c/a \leq 0,6$$

Per i trattamenti di intasamento di rocce fessurate il dosaggio c/a può variare nell'intervallo:

$$0,4 \leq c/a \leq 1,4$$

Il terreno consolidato dovrà presentare le caratteristiche meccaniche esposte nella seguente Tabella 3.6, uniformemente distribuite nell'ambito dei volumi minimi considerati:

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL TERRENO CONSOLIDATO	INTERVALLO DELLA PROVA	
	DOPO 48 h DALLA INIEZIONE	DOPO 7 gg DALLA INIEZIONE
Resistenza a compressione semplice, determinata su carote prelevate nel terreno consolidato,	≥ 1 MPa	$\geq 1,5$ MPa



aventi rapporto h/d=1		
R.Q.D. (indice di recupero modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto degli spezzoni di carota di lunghezza ≥ 100 mm	$\geq 50\%$	$\geq 70\%$

Tabella 3.6: Caratteristiche meccaniche del terreno in funzione dell'intervallo di prova

L'Impresa, a sua totale cura e sotto il controllo della Direzione Lavori, provvederà alla messa a punto della tecnologia d'intervento procedendo preliminarmente, mediante prove e sondaggi, alla determinazione delle caratteristiche geomeccaniche, livello di falda e permeabilità del terreno da consolidare; in base ai risultati ottenuti definirà:

- la quantità e distribuzione dei tubi di iniezione;
- il passo delle valvole;
- la composizione delle miscele con specifico riferimento alla viscosità, che dovrà essere bassa per poter eseguire le iniezioni in tempi brevi, il rapporto acqua cemento ed l'impiego di additivi adeguati;
- la finezza del cemento;
- la pressione di iniezione, che di norma dovrà essere inferiore a quella di cedimento del sistema (claquage)

L'Impresa dovrà inoltre eseguire, sempre a sua cura e sotto il controllo della Direzione Lavori, la verifica degli effetti indotti nel terreno ed infine l'accertamento dell'uniformità e delle caratteristiche meccaniche del terreno consolidato mediante prove in sito ed in laboratorio su campioni prelevati con carotaggi.

L'Impresa potrà dare corso ai trattamenti soltanto dopo che la Direzione Lavori avrà espresso il suo benestare in base ai risultati delle prove di cui sopra, con l'avvertenza che in ogni caso tale benestare non ridurrà la responsabilità dell'Impresa circa il raggiungimento delle prescrizioni progettuali, in termini di spessore e resistenza del terreno consolidato.

Qualora si dovessero riscontrare variazioni sensibili nelle caratteristiche dei terreni attraversati rispetto a quelle assunte inizialmente per la messa a punto del sistema, l'Impresa, a sua cura spe-



se, dovrà verificare puntualmente l'idoneità dei parametri adottati provvedendo eventualmente ad una loro ritaratura in corso d'opera.

L'Impresa, in ogni caso, dovrà procedere a continui sondaggi nei trattamenti effettuati per verificare la rispondenza alle prescrizioni progettuali relativamente a resistenze e spessori.

A carico dell'Impresa, si considerano tutte le operazioni preliminari di sondaggio, prove, progettazione e campo prove; la documentazione dei lavori; la ubicazione dei punti di trattamento; le operazioni di perforazione ed infissione dei tubi valvolati; l'esecuzione delle iniezioni di guaina e di quelle di consolidamento, compreso la fornitura di tutti i materiali.

Sono, altresì, a carico dell'Impresa eventuali superfici di parete consolidata eccedenti le dimensioni teoriche di progetto.

3 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

3.1 NORME GENERALI

Resta stabilito che, sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i disegni contabili delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.

Detti disegni contabili, da predisporre su supporto informatico e da predisporre, in almeno duplice copia su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione Lavori per il necessario e preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, eseguite in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.

Tale documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

La suddetta documentazione contabile resterà di proprietà dell'Amministrazione committente.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

- I lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla Direzione dei Lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori
- I lavori da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Ap-



paltatore e, quindi, confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto di Appalto

Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto, il corrispettivo da accreditare nei S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera.

A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la Direzione dei Lavori provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.

3.2 CRITERI DI MISURA

- **Tiranti, chiodi e bulloni**

La misurazione corrisponderà alla lunghezza dell'ancoraggio introdotto, a partire dal filo esterno della piastra di ancoraggio.

- **Drenaggi**

Il geocomposito adoperato come strato di drenaggio sarà computato a metro quadrato, in funzione della superficie effettivamente ricoperta dal telo ed in base allo spessore comprese gli eventuali sfridi e sovrapposizioni.

Nel caso di dreni (o pali) di sabbia, ai fini del loro pagamento, si misurerà la lunghezza del dreno (o palo) dalla quota inferiore del foro fino alla quota risultante in corrispondenza di ciascun dreno dopo l'asportazione dello strato superficiale.

Il prezzo comprende lo scavo, l'allontanamento dei materiali di risulta, la sabbia ed ogni altra fornitura, prestazione ed onere, ad esclusione dell'asportazione dello strato superficiale.

- **Trattamenti colonnari**

La misurazione corrisponderà all'effettiva lunghezza della colonna di terreno consolidata. La lunghezza delle colonna sarà misurata in base alla profondità raggiunta dalla batteria di aste di iniezione, dedotto il tratto di perforazione a vuoto

- **Iniezioni**



La misurazione che darà luogo al compenso per gli interventi di iniezione o di impregnazione prenderà a riferimento i quintali di cemento normale iniettato e misurato a secco. Le iniezioni saranno computate in base all'effettiva lunghezza del perforo iniettato ed in rapporto al diametro dello stesso.

In presenza di iniezioni ripetute in pressione si considera tratto attivo (fondazione) del tirante esclusivamente il bulbo.

4 NON CONFORMITA'

La Direzione dei Lavori, sulla scorta dei controlli e delle prove eseguite sulle singole lavorazioni, così come sopra descritte, provvederà, in caso di esito negativo, ad aprire delle non conformità rendendone edotto l'appaltatore.

La risoluzione delle non conformità, che coinvolgerà sempre anche il progettista nel caso di opere strutturalmente rilevanti, dovrà essere proposta dall'appaltatore e concordata con la Direzione dei Lavori. A insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori, potranno essere comminate penalizzazioni economiche sulle lavorazioni oggetto di non conformità.

5 COLLAUDO

Per le prove di collaudo sugli elementi strutturali sopra elencati si rimanda ai singoli paragrafi indicanti le prove da eseguire.

6 MANUTENZIONE

Il piano di manutenzione dei sistemi strutturali sopra esposti dovrà tener conto:

- Per quanto attiene gli ancoraggi, non sono previsti magisteri da eseguire in corso di vita degli stessi; tutte le accortezze al fine di evitare ammaloramenti e perdita di prestazione dovranno essere presi in fase di esecuzione; a titolo esemplificativo sarà necessario proteggere gli ancoraggi dalla corrosione dovuta all'acqua e che potrebbe venire a contatto con l'elemento strutturale; andrà quindi curata con attenzione ad es. la impermeabilizzazione delle testate con vernici bituminose o apposite coperture in cemento.
- Per quanto attiene i drenaggi a nastro, andrà previsto un controllo periodico nei punti di scarico dei dreni a valle; oltre questo, in caso di terreni sufficientemente stabili, possono prevedersi dei fori spia in modo da poter effettuare interventi di pulizia, oltre che monitorare lo stato dei collettori e le portate di drenaggio.
- I pozzi drenanti devono essere ispezionati periodicamente per il controllo di funzionalità del sistema drenante; l'efficacia dell'intervento può essere stimata valutando l'incremento del fattore



di sicurezza conseguente alla riduzione del livello piezometrico. È necessario inoltre garantire e valutare, attraverso controlli periodici della portata, il corretto funzionamento dei collettori di scarico.

7 NORME E RIFERIMENTI

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente, alle seguenti leggi e normative:

- D. M. Infrastrutture 14/01/2008: Norme tecniche per le costruzioni e ss.mm.ii;
- Circolare C.S. LL.PP. n. 617 del 02.02.2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 Gennaio 2008;
- Decreto Ministeriale 11/03/1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- Raccomandazioni AICAP-AGI "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce", edizione Giugno 2012;
- Norme UNI-CNR, ASTM, DIN richiamate ove pertinenti

Gli acciai impiegati nella realizzazione dei tiranti di ancoraggio di cui al cap. 6.6 del D.M. 14/01/08 dovranno essere conformi a quanto prescritto nel capitolo 11.3 del citato D.M.



8 APPENDICE

8.1 DETTAGLI ESECUTIVI SULLE PROVE PRELIMINARI SUGLI ANCORAGGI

Nel prosieguo vengono indicate nel dettaglio le due tipologie di prove preliminari da effettuarsi obbligatoriamente in caso di utilizzo di tiranti geotecnici strutturali.

Esecuzione della prova di sfilamento

Nella prova a sfilamento, l'ancoraggio deve essere sollecitato fino al massimo carico di prova possibile, ovvero il carico P_p che determina il raggiungimento di una tensione nell'armatura pari al 90% di quella di snervamento:

$$P_p = 0,9 \cdot R_{tk} = 0,9 \cdot A_s \cdot f_{yk}$$

Per aumentare il carico di prova e favorire lo sfilamento della fondazione, la sezione dell'armatura dell'ancoraggio deve essere quindi appositamente dimensionata in modo tale che la resistenza a sfilamento della fondazione possa essere prevedibilmente raggiunta prima che si produca lo snervamento dell'armatura.

Qualora questo non bastasse per produrre lo sfilamento della fondazione, la prova dovrà essere effettuata su un ancoraggio con fondazione di lunghezza ridotta, $(L_f)_{prova}$, rispetto a quella di progetto, $(L_f)_{prog}$. In tal caso potrebbe essere necessario incrementare la lunghezza libera dell'ancoraggio di una quantità pari alla riduzione della lunghezza della fondazione onde sperimentare il terreno alla stessa profondità di fondazione dell'ancoraggio definitivo. Solo in questo caso la resistenza caratteristica per gli ancoraggi definitivi potrà essere stimata amplificando la resistenza misurata mediante un fattore pari al rapporto delle lunghezze $(L_f)_{prog}/(L_f)_{prova}$.

La velocità di applicazione del carico, così come quella di scarico, dovrà essere inferiore a 10 kN al minuto.

La prova comprende le seguenti fasi:

- tesatura fino ad una forza di allineamento P_a , usualmente pari al valore minimo tra 50 kN e il 10% del carico di prova P_p ; la corrispondente configurazione dell'ancoraggio costituisce il riferimento geometrico per la misura degli allungamenti ΔL
- tesatura per incrementi di carico pari a 0,1 di P_p ogni minuto, fino a raggiungere lo sfilamento o il carico di prova P_p , con sosta a ciascun incremento per il solo tempo necessario alla lettura del corrispondente allungamento

Nel caso non sia stato raggiunto lo sfilamento vero e proprio della fondazione, la prova va ripetuta riducendo le dimensioni della fondazione o aumentando la sezione dell'armatura.

Nel caso di ancoraggi temporanei ad espansione meccanica, la prova viene condotta su un dispositivo uguale a quello da impiegare ed è spinta fino a raggiungere lo snervamento dell'armatura o lo sfilamento della fondazione.



Il valore ultimo di prova viene assunto come un valore misurato della resistenza a sfilamento dell'ancoraggio ($R_{a,m}$).

Esecuzione della prova di idoneità

La prova di idoneità viene eseguita su un ancoraggio avente le medesime caratteristiche degli ancoraggi definitivi (modalità costruttive, diametro di perforazione, lunghezza di fondazione, ecc.) stabilite anche sulla base dei risultati della prova di sfilamento. Per ragioni di sicurezza per gli operatori, l'armatura dell'ancoraggio potrà essere opportunamente maggiorata.

Il carico di prova P_p coincide con il valore stimato della resistenza caratteristica dell'ancoraggio.

La velocità di applicazione del carico, così come quella di scarico, dovrà essere inferiore a 10 kN al minuto.

La prova comprende le seguenti fasi:

Prima fase

Tesatura iniziale dell'ancoraggio con una forza di allineamento P_a pari al valore minimo tra 50 kN e il 10% di P_p ; la corrispondente configurazione dell'ancoraggio costituisce il riferimento geometrico per la misura degli allungamenti ΔL .

Seconda fase

Tesatura con incrementi del carico fino al carico di prova P_p ; per ciascun livello di carico, la forza dovrà essere mantenuta costante per un intervallo di tempo sufficiente a rilevare l'andamento degli allungamenti nel tempo; una possibile articolazione degli incrementi e delle durate del carico è indicata nella seguente Tabella 9.1:



Fase di carico	Carico applicato	Durata minima del carico (min) per la misura degli allungamenti			
		Ancoraggi temporanei		Ancoraggi permanenti	
		Roccia o terreni incoerenti	Terreni a grana fine	Roccia o terreni incoerenti	Terreni a grana fine
1	0,25 P _p	1	1	15	15
2	0,40 P _p	1	1	15	15
3	0,55 P _p	1	1	15	15
4	0,70 P _p	5	5	30	60
5	0,85 P _p	5	5	30	60
6	1,00 P _p	30	60	60	180

Tabella 9.1: Incrementi e durate di carico

Per ogni singolo incremento di carico, si dovranno rilevare gli allungamenti con i seguenti tempi di lettura:

- 1, 2, 5, 10, 15, 30, 60, 120, 180 minuti

Nel corso di questa fase di prova, devono essere tracciate le curve dell'allungamento in funzione del tempo in scala logaritmica, per tutte le soste a carico costante (Figura 9.1a) e l'andamento del rapporto di creep $\dot{\epsilon}$ nel tratto rettilineo finale delle predette curve, in funzione del rapporto fra carico applicato P e carico di prova P_p (Figura 9.1b).

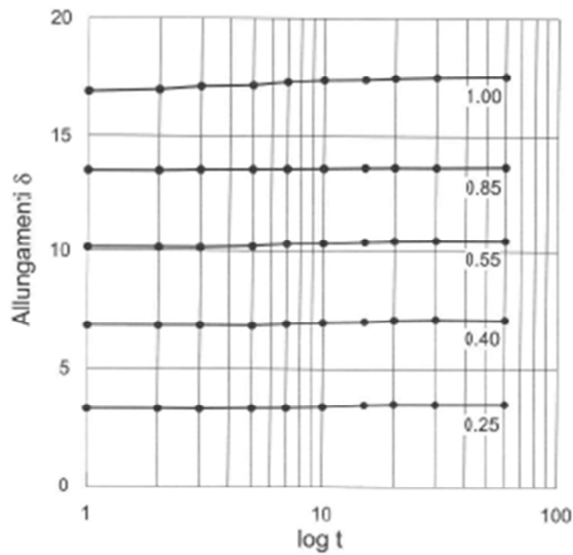


Figura 9.1a

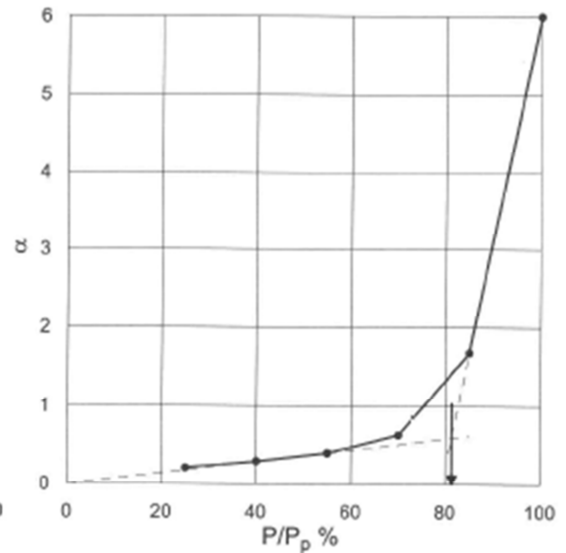


Figura: 9.1b

Nel rispetto degli intervalli minimi suggeriti, una fase di carico può comunque considerarsi terminata se il corrispondente valore di α risulta minore di 2 mm.

Per ciascuna curva, il valore del rapporto di creep α nel tratto finale della curva è dato da:

$$\alpha = (\delta_2 - \delta_1) / \log(t_2/t_1)$$

dove :

δ_1 è il valore dell'allungamento al tempo t_1 ;

δ_2 è il valore dell'allungamento al tempo t_2 ;

- t_1 è il tempo subito dopo l'applicazione dell'incremento di tiro o di inizio dell'osservazione;

- t_2 è il tempo al termine del periodo di osservazione a carico costante.

Terza fase

scarico fino al tiro di allineamento P_a in tre stadi, con sosta ad ogni gradino per il tempo necessario ad effettuare la lettura del relativo allungamento e misura dell'allungamento residuo $\delta_{L_{per}}$ al valore di P_a .

Al termine della prova, viene tracciato il diagramma forze-allungamenti (Figura 9.2).

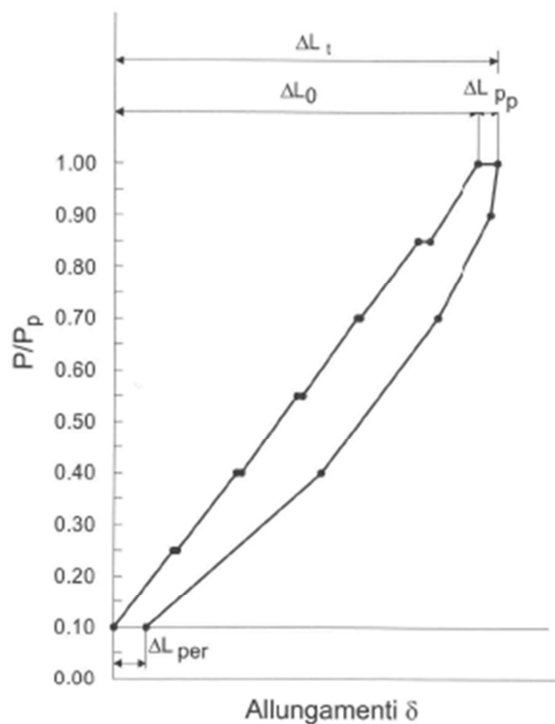


Figura 9.2

Come valore misurato della resistenza a sfilamento dell'ancoraggio, si assume il valore $R_{a,m}$, come di seguito ottenuto:

- per tutti i terreni è il valore minimo del carico di prova per il quale risulta $\Delta > 2$ mm, e qualora la precedente condizione non sia applicabile;
- nel caso di roccia o terreno incoerente: il massimo valore della forza applicata durante la prova anche se non si è raggiunto lo sfilamento dell'ancoraggio;
- nel caso di terreno a grana fine: il valore della forza di sfilamento ovvero il valore della forza per cui il diagramma di Fig. 9.1b presenta una evidente variazione di pendenza

Inoltre, se non diversamente previsto dal progetto, l'idoneità dell'ancoraggio risulta accertata:

- se gli spostamenti misurati e il rapporto di creep al carico di prova soddisfano i requisiti indicati nella seguente Tabella 9.3



	Ancoraggi temporanei		Ancoraggi permanenti	
	Roccia o terreni incoerenti	Terreni a grana fine	Roccia o terreni incoerenti	Terreni a grana fine
Carico di Prova	P_p	P_p	P_p	P_p
Prove con tempi di osservazione brevi				
t_1 (min)	10	20	20	60
t_2 (min)	30	60	60	180
Allungamento $\Delta\delta = \delta_2 - \delta_1$ (mm)	$\leq 0,7$ mm	$\leq 0,7$ mm	$\leq 0,7$ mm	$\leq 0,7$ mm
Prove con tempi di osservazione lunghi				
t_2 (minimo)	≥ 30	≥ 60	≥ 120	≥ 720
rapporto di creep α	$\leq 2,0$ mm	$\leq 2,0$ mm	$\leq 2,0$ mm	$\leq 2,0$ mm

Tabella 9.3: Valori di riferimento degli allungamenti e del rapporto di creep

- se la lunghezza libera teorica L_t e la lunghezza libera apparente L_{app} dell'ancoraggio verificano le condizioni seguenti:

$$0,9 L_t \leq L_{app} \leq L_t + 0,5 L_f$$

dove L_f è la lunghezza della fondazione dell'ancoraggio e L_{app} si ricava in prima approssimazione con la seguente relazione:

$$L_{app} = \Delta L \cdot A_s \cdot E_s / (P_p - P_a)$$

dove:

- A_s è l'area della sezione di armatura
- E_s è il modulo elastico del materiale di armatura
- ΔL è l'allungamento elastico misurato al valore del tiro di prova
- P_p, P_a sono i valori del tiro di prova e di allineamento

In base al valore della resistenza misurata, la prova consente di determinare il valore appropriato della resistenza caratteristica a sfilamento dell'ancoraggio e quindi di verificare che il tiro di progetto P_d risulti minore o uguale al valore di progetto della resistenza (R_{ad}).



8.2 TIPOLOGIE DI POZZI DRENANTI

8.2.1 POZZI DRENANTI A TUTTA SEZIONE

Impermeabilizzato il fondo del pozzo sino a 20 cm sopra la quota prevista per la condotta di fondo, si eseguirà il riempimento con materiale arido pulito provvedendo contemporaneamente all'estrazione del rivestimento provvisorio. Si utilizzerà di norma un fuso granulometrico compreso fra 2÷25 mm circa, con passante al vaglio 200 ASTM non superiore al 5%; il materiale dovrà essere lavato ed esente da materiali organici coesivi.

Per favorire il corretto assestamento della ghiaia, potrà essere opportuno facilitarne la discesa mediante il deflusso di una piccola portata di acqua.

Completato il riempimento, si provvederà alla realizzazione di un tappo superiore di impermeabilizzazione, separato dal materiale drenante per mezzo di una membrana geotessile o in PVC.

8.2.2 POZZI ISPEZIONABILI

Si tratta di pozzi con rivestimento definitivo di adeguato diametro, usualmente non minore di 1,5 metri e con una intercapedine filtrante all'intorno.

In presenza di tubo forma, questo sarà estratto contemporaneamente alla immissione del materiale drenante, curando che rimanga sempre immerso nello stesso per impedirne la contaminazione; si dovrà, anche in questo caso, procedere alla impermeabilizzazione del fondo del pozzo sino a 20 cm sopra la quota prevista per la condotta di fondo. La presenza del rivestimento definitivo consente in ogni momento di accedere alla tubazione di collegamento per verificare il normale funzionamento ed eseguire, se necessario, eventuali manutenzioni.

Il mantello drenante di questi pozzi sarà ottenuto tramite il riempimento di questa corona anulare esterna con il materiale granulare arido 2÷25 mm.

Eseguita l'impermeabilizzazione del fondo (esterno ed interno) si procederà al versamento del materiale drenante mediante opportuni convogliatori.

Eseguito anche il tappo superiore, si provvederà ad installare all'interno del rivestimento definitivo una scala metallica munita di gabbia di protezione.

Infine, verrà posto in opera il chiusino di testa, in cemento armato prefabbricato, munito di botola in ghisa.

8.2.3 POZZI DRENANTI CON RIVESTIMENTO STRUTTURALE



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.20 - Rev.1.0
Opere d'arte minori Opere di consolidamenti,reti e protezione

Si tratta di pozzi aventi diametro minimo ϕ 2 m, il cui mantello drenante, di spessore adeguato, secondo progetto, è coassiale ed esterno ad un rivestimento in conglomerato cementizio armato di spessore opportuno.

Anche in questo caso, si dovrà procedere alla impermeabilizzazione del fondo del pozzo sino a 20 cm sopra la quota prevista per la condotta di fondo.

Le acque di drenaggio vengono raccolte all'interno del pozzo tramite 2÷3 perforazioni radiali del rivestimento in c.a.

L'allestimento del pozzo sarà infine completato in maniera analoga a quanto previsto per i pozzi ispezionabili (scala, chiusino, botola, ecc.).

Ove previsto dal progetto, si installeranno dall'interno dei pozzi delle raggere di tubi microfessurati in PVC. L'importanza di questi micro-dreni è dovuta alla possibilità che offrono di incrementare la captazione delle acque in terreni poco permeabili, o al contatto tra coltre e substrato.



Anas S.p.A.
Via Monzambano, 10 - 00185 Roma
www.stradeanas.it



Coordinamento Territoriale/Direzione



CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO

Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto - Parte 2



IT.PRL.05.21 - Rev. 3.0

Pavimentazioni stradali

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Operation e Coordinamento Territoriale - Direzione Ingegneria e Verifiche	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Direttore Direzione Ingegneria e Verifiche	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016
2.0	Seconda emissione	FEB. 2020
3.0	Revisione	GIU 2021

INDICE

1	MISTO GRANULARE STABILIZZATO GRANULOMETRICAMENTE PER FONDAZIONE E/O SOTTOFONDAZIONE	16
1.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	16
1.2	STUDIO PRELIMINARE	17
1.3	MODALITÀ ESECUTIVE	17
1.4	PROVE DI PORTANZA CON PIASTRA DINAMICA TIPO LWD	18
2	FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO CONFEZIONATO IN CENTRALE	19
2.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	19
2.1.1	AGGREGATI LAPIDEI	19
2.1.2	LEGANTE	20
2.1.3	ACQUA	20
2.2	STUDIO DELLA MISCELA	20
2.3	MODALITÀ ESECUTIVE	21
3	FONDAZIONE CON MATERIALI STABILIZZATI A CEMENTO E/O CALCE E CEMENTO, LA TECNICA DELLA MISCELAZIONE IN SITO	23
3.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	24
3.1.1	AGGREGATI LAPIDEI	24
3.1.2	LEGANTE	25
3.1.3	ACQUA	25
3.2	STUDIO DELLA MISCELA	26
3.3	MODALITÀ ESECUTIVE	27
4	FONDAZIONE CON TECNICA DEL BITUME SCHIUMATO REALIZZATO IN SITO	29
4.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	29
4.2	STUDIO DELLA MISCELA	30
4.3	MODALITÀ ESECUTIVE	31
5	FONDAZIONE CON TECNICA DEL BITUME SCHIUMATO REALIZZATO IN IMPIANTO	33
5.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	33
5.2	STUDIO DELLA MISCELA	34

5.3	MODALITÀ ESECUTIVE	35
6	FONDAZIONE STABILIZZATA CON CEMENTO ED EMULSIONE BITUMINOSA SOVRASTABILIZZATA	36
6.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	36
6.1.1	AGGREGATI LAPIDEI	37
6.1.2	EMULSIONE BITUMINOSA	39
6.1.3	CEMENTO	39
6.1.4	ACQUA	40
6.2	STUDIO DELLA MISCELA	40
6.3	CONFEZIONE E POSA IN OPERA DELLE MISCELE	42
6.4	CONTROLLO SULLA QUALITÀ DELLA LAVORAZIONE	43
7	LEGANTI BITUMINOSI E LORO MODIFICATI	45
7.1	LEGANTI BITUMINOSI SEMISOLIDI	45
7.1.1	BITUMI DI BASE	45
7.1.2	BITUMI MODIFICATI	47
7.1.3	BITUME PER LAVORI DI RICICLAGGIO A FREDDO MEDIANTE TECNICA DELLO SCHIUMATO	48
7.2	EMULSIONI BITUMINOSE	49
7.2.1	EMULSIONI BITUMINOSE (CATIONICHE NON MODIFICATE) PER MANO DI ATTACCO	49
7.2.2	EMULSIONI BITUMINOSE (CATIONICHE NON MODIFICATE) PER MANO DI ANCORAGGIO (C55B4)	51
7.2.3	EMULSIONI BITUMINOSE (CATIONICHE NON MODIFICATE) SOVRASTABILIZZATE (C60B10)	51
7.2.4	EMULSIONI BITUMINOSE MODIFICATE PER MANO DI ATTACCO (C69BP3)	52
7.2.5	EMULSIONI BITUMINOSE MODIFICATE E SOVRASTABILIZZATE PER STRATI DI BASE RICICLATE A FREDDO (C60BP10)	54
7.3	ADDITIVI RIGENERANTI/FLUIDIFICANTI	55
7.4	ATTIVANTI DI ADESIONE (DOPES, DP)	55
7.5	FIBRE PER IL RINFORZO STRUTTURALE DEL BITUME (FB)	56
7.6	TABELLA SINOTTICA DEI MATERIALI LEGANTI E LORO ADDITIVI	57

7.7	TABELLA SINOTTICA DELLE MANI D'ATTACCO/ANCORAGGIO	58
7.8	NORMATIVE PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI LEGANTI BITUMINOSI DI CUI AI PUNTI PRECEDENTI	59
8	CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO	60
8.1	CONGLOMERATI BITUMINOSI DI BASE, BASEBINDER, BINDER, USURA	60
8.1.1	DESCRIZIONE	60
8.1.2	BITUME	60
8.1.3	AGGREGATI LAPIDEI	60
8.1.4	AGGREGATO GROSSO (PEZZATURE DA 4 A 31,5 mm)	60
8.1.4.1	STRATO DI BASE	60
8.1.4.2	STRATO DI BASEBINDER	61
8.1.4.3	STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)	61
8.1.4.4	STRATO DI USURA	61
8.1.5	AGGREGATO FINO (PEZZATURE INFERIORI A 4 mm)	62
8.1.6	ADDITIVI	62
8.1.7	MISCELE	62
8.1.7.1	BASE CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE	62
8.1.7.2	BASEBINDER CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE	63
8.1.7.3	BINDER CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE	63
8.1.7.4	USURA TIPO "A" E "B" CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE	64
8.1.7.5	USURA A CON ARGILLA ESPANSA CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE	65
8.1.7.6	CONGLOMERATI BITUMINOSI MIGLIORATI MEDIANTE L'ADDITIVAZIONE DI COMPOUND POLIMERICI	65
8.1.8	REQUISITI DI ACCETTAZIONE	69
8.1.8.1	STRATO DI BASE E BASEBINDER	69
8.1.8.2	STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)	70
8.1.8.3	STRATO DI USURA	70
8.1.8.4	CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE	71
8.1.8.5	FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE	73
8.1.8.6	POSA IN OPERA	73

8.1.8.7	CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO (FRESATO) – MODALITA' DI REIMPIEGO	75
8.2	CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI USURA DRENANTE E DRENANTE ALLEGGERITO CON ARGILLA ESPANSA	77
8.2.1	AGGREGATI LAPIDEI	77
8.2.2	MISCELA	78
8.2.3	REQUISITI DI ACCETTAZIONE	80
8.2.4	FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE	80
8.2.5	POSA IN OPERA DELLE MISCELE	81
8.3	CONTROLLO SULLA QUALITA' DELLA COMPATTAZIONE DELLE MISCELE	82
8.4	REQUISITI DI LABORATORIO SOTTOPOSTI A DETRAZIONE	82
9	STRATO DI BASE RICICLATO A FREDDO	85
9.1	AGGREGATI LAPIDEI	85
9.2	LEGANTE E ADDITIVI	85
9.3	STUDIO DELLA MISCELA	86
9.4	CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE	87
9.5	FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE	88
9.6	POSA IN OPERA DELLA MISCELA	88
10	TRATTAMENTI SUPERFICIALI	89
10.1	CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO PER RISAGOMATURE PER PAVIMENTAZIONI	89
10.1.1	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI	89
10.1.2	POSA IN OPERA	90
10.1.3	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI (VOLUMETRICHE E MECCANICHE)	90
10.1.3.1	DATI VOLUMETRICI	91
10.1.3.2	DATI MECCANICI	91
10.2	TRATTAMENTI DI IRRUVIDIMENTO CON SISTEMI MECCANICI	92
10.2.1	IRRUVIDIMENTO PER MIGLIORARE L'ADERENZA	92
10.2.1.1	IRRUVIDIMENTO MEDIANTE PALLINATURA	92
10.2.2	IRRUVIDIMENTO PER VARIARE LA RUMOROSITÀ'	92

10.3	MICROTAPPETI A FREDDO TIPO "SLURRY - SEAL" (MACRO-SEAL)	93
10.3.1	DESCRIZIONE	93
10.3.2	AGGREGATI LAPIDEI	93
10.3.3	ADDITIVI	94
10.3.4	MISCELE	94
10.3.5	MALTA BITUMINOSA	94
10.3.6	COMPOSIZIONE E DOSAGGI DELLA MISCELA	95
10.3.7	ACQUA	95
10.3.8	CONFEZIONAMENTO E POSA IN OPERA	95
11	CONTROLLO REQUISITI DI ACCETTAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI	97
11.1	PREMESSE	97
11.2	ADERENZA E TESSITURA	98
11.3	REGOLARITÀ	101
11.4	PORTANZA	102
11.5	VALUTAZIONE DEGLI SPESSORI DEGLI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO DI UNA PAVIMENTAZIONE STRADALE	107
11.5	BIS PENALI PER INCONGRUENZE RELATIVE ALLA % DI VUOTI, RESISTENZA A TRAZIONE, LOS ANGELES	107
11.5	TER ANCORAGGIO DEGLI STRATI DI PAVIMENTAZIONE	108
12	DRENAGGI	110
12.1	DRENAGGI TRADIZIONALI (ESTERNI ALLE ZONE PAVIMENTATE)	110
12.2	DRENAGGI CON FILTRO IN "NON TESSUTO" (ESTERNI ALLE ZONE PAVIMENTATE O EFFETTUATI PRIMA DI STENDERE LE PAVIMENTAZIONI)	110
12.3	DRENAGGI A SCAVO AUTOMATIZZATO E CON RIEMPIMENTO IN CALCESTRUZZO POROSO (PER DRENARE ZONE GIA' PAVIMENTATE)	111
13	SIGILLATURA DI LESIONI O GIUNTI DI STRISCIATA	112
13.1	SIGILLATURA DELLE LESIONI DELLA PAVIMENTAZIONE ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA	112
13.2	SIGILLATURA DELLE LESIONI DELLE PAVIMENTAZIONI ESEGUITA CON NASTRO BITUMINOSO PREFORMATO E AUTOADESIVO	113

13.3	SIGILLATURA DELLA LINEA DI CONTATTO TRA CORDOLO E PAVIMENTAZIONE NEI PONTI E VIADOTTI ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA	113
14	ARMATURA DI GIUNTI LONGITUDINALI PER RIDURRE LA TRASMISSIONE DELLE FESSURE E GESTIONE DEGLI SCAVI PER SOTTOSERVIZI	114
14.1	DESCRIZIONE	114
14.2	CASO DEL GIUNTO LONGITUDINALE	114
14.3	CHIUSURA DEGLI SCAVI RISULTANTI DA INTERVENTI PER SOTTOSERVIZI.	115
14.3.1	CHIUSURA DELLO SCAVO TEMPORANEO PER LA SICUREZZA DELLA CIRCOLAZIONE STRADALE	115
14.3.2	CHIUSURA DEFINITIVA CON REINTEGRO DELLE CONDIZIONI ORIGINALI DELLA SEDE STRADALE	115
14.3.3	CASO DEL GIUNTO TRASVERSALE (INIZIO E FINE LAVORAZIONI DI PAVIMENTAZIONI NUOVE IN CONTINUAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI ESISTENTI)	116
15	RIPARAZIONE SUPERFICI DEGRADATE DI LIMITATA ESTENSIONE	116
15.1	CASO DEI RAPPEZZI LOCALIZZATI	116
15.1.1	CASO DI DEGRADO DIFFUSO CON BUCHE GIÀ PRESENTI NON CONTIGUE E NON DIFFUSE	117
15.1.2	CASO DI DEGRADO DIFFUSO MA CON BUCHE GIÀ PRESENTI CONTIGUE E/O DIFFUSE	117
16	TRATTAMENTO FUNZIONALE DELLE BUCHE (INTERVENTI PUNTUALI)	117
17	APPENDICE	119
17.1	INDICAZIONI SUI CRITERI PROGETTUALI	119
17.2	RIPARAZIONI SUPERFICIALI DI SOCCORSO (RSS)	120
17.3	RISANAMENTI SUPERFICIALI (RS)	122
17.4	RISANAMENTI PROFONDI (RP)	124
17.5	PROGETTO DELLE PAVIMENTAZIONI NUOVE COSTRUZIONI (NC)	127
17.6	INDICAZIONI GENERALI PER LA SCELTA DELLE SOLUZIONI DI INTERVENTO	129
17.7	LUNGHEZZA ED UBICAZIONE TRASVERSALE DEGLI INTERVENTI NELLA SEZIONE STRADALE	132
17.8	TRAFFICO DI RIFERIMENTO PER LE SCELTE DEGLI INTERVENTI	133

PREMESSA

Le presenti Norme Tecniche si riferiscono all'esecuzione di lavori per la sovrastruttura stradale denominata nel seguito pavimentazione; i lavori da svolgere con i materiali descritti nel seguito potranno essere di tre tipi diversi:

- Lavori per interventi su pavimentazioni esistenti al fine della ordinaria manutenzione delle medesime, definiti **MO, MANUTENZIONE ORDINARIA** quali

1. Trattamento superficiale di sigillatura ed irruvidimento tipo slurry-seal (macro-seal)
2. Sigillatura di fessure superficiali
3. Rappezzi preceduti da riquadratura della zona degradata
4. Irruvidimento meccanico di zone potenzialmente scivolose
5. Riparazioni superficiali di soccorso con fresatura e ricostruzione.

- Lavori per interventi su pavimentazioni esistenti al fine della loro ricostituzione e/o rafforzamento definiti **MS, MANUTENZIONE STRAORDINARIA**.

I lavori di tipo MS consisteranno in interventi di miglioramento e rafforzamento delle caratteristiche originali delle pavimentazioni tramite interventi estesi quali

- Risanamento superficiale
- Risanamento profondo

- Lavori per pavimentazioni di nuove costruzioni o adeguamenti di strade esistenti, definiti **NC, NUOVE COSTRUZIONI**.

La natura dei lavori da eseguire sarà definita nell'Appalto a cui sono annesse le presenti Norme Tecniche ed ai suoi elaborati a cui si rimanda per la definizione del dettaglio delle lavorazioni, della loro quantità ed ubicazione.

ANAS redige la perizia o il progetto delle pavimentazioni dell'intervento sulla scorta delle verifiche che ritiene opportune e sufficienti (verifiche di portanza, regolarità, aderenza ed ammaloramento superficiale delle pavimentazioni, natura e composizione dei materiali da sottoporre a recupero e valutati con carotaggi) per la scelta del tipo di soluzione da eseguire e dei materiali con cui realizzarla.

Dette soluzioni saranno primariamente quelle indicate nelle istruzioni tecniche in appendice, definite nei requisiti e nelle prestazioni, comprese le relative curve di accettazione. Soluzioni diverse, dettate da casi particolari, devono comunque essere corredate da motivazioni tecniche e relazioni di calcolo specifiche che riportino l'indicazione di tutti i parametri tecnici dedotti dal presente documento, necessari alla definizione delle miscele e delle loro prestazioni; le curve di accettazione corrispondenti saranno definite dal CSS.

Materiali

I materiali dovranno corrispondere a quanto stabilito dalla normativa di settore e dal presente documento.

I materiali dovranno provenire da località o siti di produzione che l'Impresa riterrà di sua convenienza, purché rispondano ai requisiti del presente documento.


In ogni caso i materiali e le loro miscele prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori, sia per i lavori prescritzionali, che per quelli prestazionali.

Caratteristiche dei materiali

I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti di seguito fissati.

Per ciò che riguarda le loro miscele, e lavorazioni, valgono le prescrizioni e le indicazioni riportate negli appositi articoli.

La scelta di un tipo di materiale nei confronti di un altro, o tra i diversi tipi dello stesso materiale, sarà fatta, nei casi non definiti inequivocabilmente dalle presenti norme, in base al giudizio della Direzione dei Lavori.


N° di identificazione dell'ente notificato
SOCIETA'
08
n.certificato

EN 13108-1		
Conglomerato Bituminoso per strade, piste aeroportuali e altre aree trafficate		
CB 12,5 USURA BM 50/70		
Contenuto dei vuoti dopo 10 rotazioni	V10	G _{min}
11%		
Temperatura della miscela a 180°C	da	140°C
Granulometria		
(passante al setaccio mm)	16	100%
	12,5	95%
	8	80%
	4	49%
	2	31%
	0,5	15%
	0,25	12%
	0,063	8%
Contenuto di legante	B _{min}	4,6%

I conglomerati bituminosi per essere ritenuti **idonei e quindi impiegabili**, dovranno essere dotati obbligatoriamente di marcatura CE sopra un esempio).

I requisiti **obbligatori** richiesti sono:

- Contenuto dei vuoti a 10 rotazioni (categoria e valore reale);
- Temperatura della miscela alla produzione e alla consegna (valori di soglia);
- Composizione granulometrica (valore %);
- Contenuto minimo di legante (categoria e valore reale).

Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nelle presenti norme, oltre alle altre qui richieste, ma non facenti parte della marcatura CE.

Generalità per l'esecuzione dei lavori - Autocontrollo dell'Impresa

L'autocontrollo da parte dell'Impresa esecutrice consiste nella verifica diretta dei materiali delle miscele e delle lavorazioni finalizzate all'ottenimento delle prestazioni richieste, quindi deve prevedere le seguenti modalità per ciascuna fase delle lavorazioni:

- prima dell'esecuzione dei lavori
- durante l'esecuzione dei lavori
- al termine dei lavori eseguiti

A- Prima dell'esecuzione dei lavori

L'Impresa è tenuta, a propria cura e spese, a formulare gli studi delle miscele completi delle prove di laboratorio **riguardanti i lavori**, che tengano conto della disponibilità dei materiali, delle specificità degli impianti di fabbricazione e del cantiere di stesa, per la definizione delle miscele da porre in opera ed il mix design, valutato in conformità alle presenti Norme Tecniche, è impegnativo per l'Impresa.

Gli studi dovranno essere presentati alla Direzione Lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni ed approvati dalla stessa DL. E dovranno contenere:

- tipo di miscela, sito di applicazione (strada, carreggiata, corsia, quantità ecc) impianto di produzione;
- aggregati: provenienza, granulometrie, PSV, percentuali di impiego, fresato compreso;
- caratteristiche volumetriche (% vuoti, pesi di volume) e meccaniche (resistenza a trazione indiretta, coefficiente di trazione indiretta e resistenza a compressione);
- percentuale di legante (bitume o emulsione), tipo, fornitore, dati e scheda tecnica relativa;
- eventuale impiego di additivi (con indicate le percentuali di progetto);
- descrizione degli impianti e delle attrezzature utilizzate per produrre le miscele e per applicarle definiti in tipologia, caratteristiche e modalità operative.

Tutte le curve di progetto per le miscele contenenti bitume e/o cemento devono essere verificate mediante l'impiego della apparecchiatura "Pressa Giratoria".

Entro 15 gg dalla presentazione degli studi, il Committente si riserva la facoltà di rifiutare gli studi proposti, chiedendone il rifacimento.

L'accettazione delle miscele da parte della DL, che potrà effettuare controlli con i Laboratori descritti in seguito, non solleva l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati finali prescritti.

L'utilizzo dei Laboratori esterni, che potranno provvedere anche alle misure ad alto rendimento eseguite ai fini dei controlli prestazionali, sono possibili, purché i loro processi siano accreditati ISO9001; in questo caso le loro attrezzature dovranno essere verificate su piste di taratura prestabilite definite dal CSS, a meno che non siano accreditate ISO17025.

Il CSS è autorizzato comunque ad eseguire controlli a campione sulle zone testate da detti laboratori e qualsiasi altra operazione di verifica.

B- Autocontrollo durante l'esecuzione dei lavori

Durante l'esecuzione dei lavori il controllo basato sulle presenti Norme Tecniche andrà esercitato in modo continuo dai Laboratori dell'Impresa che a questo fine dovrà disporre di attrezzature e personale dedicato.

La DL si riserva la facoltà di verificare la sufficienza di dette prove, qualora le ritenga non adeguate per i controlli di produzione.

Il Committente potrà comunque effettuare controlli tramite i suoi Laboratori ai fini del rilievo del modus operandi delle Imprese in corso d'opera e al fine della verifica di congruità tra il progetto presentato e il lavoro in esecuzione.

In tale ambito potrà richiedere documentazione (schede tecniche, bolle di accompagnamento ecc.) atte a facilitare la verifica di idoneità delle lavorazioni in oggetto.

Tutti i prelievi dei materiali devono essere effettuati in contraddittorio con l'Impresa.

In caso di lavorazioni di particolare rilevanza e complessità, come i riciclaggi in sito, va prevista l'effettuazione di una serie di verifiche in corso d'opera, considerando la possibile variabilità del materiale da stabilizzare per cui potrebbe essere insufficiente l'effettuazione di un solo studio (mix design) per ottimizzare la lavorazione.

Tali attività di autocontrollo durante l'esecuzione dei lavori, necessarie per la corretta esecuzione delle lavorazioni, sono obbligatorie e a carico dell'Impresa.

Resta a carico di ANAS l'onere delle verifiche sui materiali e relative certificazioni ai sensi della normativa vigente.

C- Controlli al termine dei lavori eseguiti

Ai fini dell'attività di verifica finale, saranno eseguiti i controlli e le prove disposte per l'accertamento dei requisiti e delle prestazioni nel rispetto delle presenti NT (Art.11.1), che saranno a cura e spese di ANAS secondo quanto previsto dal vigente Regolamento.

Ulteriori controlli disposti dall'organo di collaudo saranno a cura e spese dell'Impresa.

Le tariffe applicate per l'esecuzione delle prove inerenti i requisiti di idoneità (miscele, aggregati, bitumi, ecc.), eventuale verifica dei lavori in sito e prove di alto rendimento, saranno secondo quanto riportato dal tariffario di riferimento.

Prescrizioni generali per le attività di verifica

Per le attività di verifica di cui ai punti A B e C, l'Impresa sarà comunque obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, sottostando a tutte le spese per il prelievo, l'invio di campioni ad ogni Laboratorio indicato dalla Direzione Lavori.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nei locali indicati dalla Direzione dei Lavori, previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

Quando la Direzione dei Lavori rifiutasse una qualsiasi provvista come non idonea all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa.

Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori, l'Impresa resta totalmente responsabile della riuscita prestazione delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

Norme di misurazione

Tutte le lavorazioni verranno valutate in base alla superficie ordinata, secondo le larghezze e con gli spessori finiti prescritti.

Nei relativi prezzi sono compresi tutti gli oneri per le forniture degli inerti e del legante secondo le formule accettate e/o prescritte dalla Direzione Lavori, la fornitura e la stesa del legante per mano di attacco e di ancoraggio (laddove inclusa nella corrispondente voce di elenco prezzi), il nolo dei macchinari funzionanti per la confezione, il trasporto, la stesa e la compattazione dei materiali, la manodopera, l'attrezzatura e quanto altro occorra per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

In particolare, si intendono compensati con i relativi prezzi anche tutti gli oneri relativi alla stesa a mano dei conglomerati nelle zone inaccessibili alle macchine, quali ad esempio quelle tra le barriere di sicurezza.

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, avrà la facoltà di tollerare localmente, ed in via del tutto eccezionale, valori degli indicatori di controllo dei requisiti difformi rispetto ai valori stabiliti.

Nel caso di esecuzione di ricariche su avvallamenti del piano viabile, e di stesa di microtappeti per la risagomatura di ormaie, le quantità di conglomerato impiegato verranno contabilizzate a volume compattato.

Si stabilisce che i conglomerati bituminosi e in genere i materiali legati a bitume e/o cemento (schiumati) dovranno essere approvvigionati da impianti ubicati di norma a distanza non superiore ai 70 km dai luoghi di impiego.

Demolizione delle pavimentazioni

La demolizione della parte della sovrastruttura legata a bitume per l'intero spessore, o parte di esso, dovrà essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

Tutte le attrezzature dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni, approvate preventivamente dalla DL; dovranno inoltre avere caratteristiche tali che il materiale risultante dall'azione di scarifica risulti idoneo per lo stoccaggio e il reimpiego nella confezione di nuovi conglomerati.

Il materiale fresato resta di proprietà dell'Impresa che deve essere dotata delle necessarie autorizzazioni allo stoccaggio e al reimpiego come disciplinato dalle norme di settore, e secondo le previsioni del progetto, del Contratto, del CSA e dell'EP.

La superficie del cavo (nel caso di demolizioni parziali del pacchetto) dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possono compromettere l'aderenza dei nuovi strati da porre in opera. Non saranno tollerate scanalature provocate da tamburi ed utensili inadeguati o difformemente usurati che presentino una profondità misurata, tra cresta e gola, superiore a 0,5 cm.

L'Impresa si dovrà scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione previsti nel progetto e definiti dalla DL. Qualora questi dovessero risultare inadeguati e comunque diversi per difetto o per eccesso, l'Impresa è tenuta a darne immediata comunicazione al Direttore dei Lavori che potrà autorizzare la modifica delle quote di scarifica. Il rilievo dei nuovi spessori dovrà essere effettuato in contraddittorio.

La demolizione degli strati bituminosi potrà essere effettuata con uno o più passaggi di fresa, secondo quanto previsto dal progetto o prescritto dalla DL; nei casi in cui si debbano effettuare più passaggi, si avrà cura di ridurre la sezione del cassonetto inferiore formando un gradino tra uno strato demolito ed il successivo di almeno 20 cm di base per ciascun lato.

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o sub-corticali dovrà essere eseguita con attrezzature approvate dalla DL munite di spazzole e dispositivi aspiranti, in grado di dare un piano depolverizzato, perfettamente pulito.

Le pareti dei giunti, sia longitudinali sia trasversali, dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento privo di sgretolature.

Sia la superficie risultante dalla fresatura, che le pareti del cavo, dovranno, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, risultare perfettamente pulite, asciutte e uniformemente rivestite dalla mano di attacco di legante bituminoso tal quale o modificato.

Non è ammessa la demolizione dell'intera sovrastruttura con escavatori, pale meccaniche, martelli demolitori ecc. se non espressamente previsto nel progetto o autorizzata.

Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi sulla parte di pavimentazione da non demolire dovranno essere riparati a cura e spese dell'Impresa.

L'impresa prima dell'inizio delle demolizioni dovrà accertarsi della presenza nelle pavimentazioni di sensori per la misura del traffico (spire induttive, sensori piezoelettrici ecc.).

Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi sui sensori dovranno essere riparati a cura e spese dell'impresa.

1 MISTO GRANULARE STABILIZZATO GRANULOMETRICAMENTE PER FONDAZIONE E/O SOTTOFONDAZIONE

D.01.001 "Fondazione stradale in misto granulare stabilizzato"

La fondazione in oggetto è costituita da una miscela di aggregati stabilizzati granulometricamente (i.e. granulometria controllata), priva di leganti aggiunti, impiegata per la costruzione di strati di fondazione e/o sottofondazione; gli aggregati possono essere costituiti da ghiaie, frantumati, detriti di cava, scorie o anche altro materiale ritenuto idoneo dalla DL.

Questa lavorazione si applica per strati di fondazione nelle Manutenzioni Straordinarie (MS) o Nuove Lavorazioni (NC) esclusivamente nei casi di strade di minore rilevanza e può essere impiegata anche per lavori di sottofondazione come primo strato del pacchetto della sovrastruttura stradale.

La fondazione potrà essere formata da materiale di apporto idoneo oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione.

Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato progettualmente e verificato dalla DL.

1.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

- a) l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 63 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- b) granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite:

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
setaccio 63	100-100
setaccio 40	84-100
setaccio 20	70-92
setaccio 14	60-85
setaccio 8	46-72
setaccio 4	30-56
setaccio 2	24-44

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
setaccio 0.25	8-20
setaccio 0.063	6-12

- c) perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30% in peso;
- d) equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio ASTM n. 4 compreso tra 40 e 80 (la prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento).

Tale controllo dovrà anche essere eseguito per materiale prelevato dopo costipamento.

Il limite superiore dell'equivalente in sabbia pari a 80 potrà essere modificato dalla DL in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale.

Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso tra 40 e 60 la DL richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso di elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza CBR di cui al successivo comma.

Indice di portanza C.B.R. (CNR UNI 10009) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) non minore di 50, per un intervallo di $\pm 2\%$ rispetto all'umidità ottima di costipamento.

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi a, b, c, d, salvo nel caso citato al comma d) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

1.2 STUDIO PRELIMINARE

L'Impresa dovrà indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

Le caratteristiche suddette dovranno essere accertate dalla DL mediante prove di laboratorio sui campioni che l'Impresa avrà cura di presentare a tempo opportuno per la loro valutazione prima dell'inizio delle lavorazioni.

I requisiti di accettazione verranno inoltre accertati con controlli della DL in corso d'opera, prelevando il materiale in sito già miscelato, prima e dopo avere effettuato il costipamento.

1.3 MODALITÀ ESECUTIVE

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma, i requisiti di compattezza ed essere ripulito da materiale estraneo non idoneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 30 cm e non inferiore a 20 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato.

Verificandosi comunque eccesso di umidità o danni dovuti al gelo lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti, rulli gommati o combinati (ferro-gomma), tutti semoventi.

L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla DL con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento), tali da portare alla eventuale taratura dei mezzi costipanti.

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 97% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (EN 13286-2:2005) con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al setaccio 3/4".

La portanza dello strato dovrà essere rilevata mediante LWD (Light Weight Deflectometer) con valore minimo di 80 MPa secondo procedura di prova descritta all'art 1.4.

La DL effettuerà tale controllo prima della stesa degli strati superiori; in caso di carenze interromperà le lavorazioni successive fino all'ottenimento del valore richiesto.

1.4 PROVE DI PORTANZA CON PIASTRA DINAMICA TIPO LWD

Le prove LWD devono rispettare le Norme ASTM E2583-07 "Standard Test Method for Measuring Deflections with a Light Weight Deflectometer (LWD)" e andranno eseguite applicando una sforzo di sollecitazione pari a circa 70 kPa mentre la durata dell'impulso di carico sarà pari a circa 30 msec.

Tale configurazione si ottiene utilizzando il carico da 10 kg con una altezza di caduta (distanza tra terreno e base del carico) pari a 100 cm.

Le battute del LWD, secondo quanto indicato nella Norma, dovranno essere ripetute fino ad ammettere uno scarto tra le deflessioni a centro piastra $\leq 3\%$; pur nel rispetto del limite di modulo elastico richiesto, se non viene raggiunto il limite dello scarto tra due deflessioni consecutive dopo 4 ripetizioni per più di 5 punti di misura distanziati almeno 5 metri tra loro lo strato andrà riaddegnato.

Le prove eseguite, salvabili su file informatico, devono registrare almeno la pressione effettivamente applicata, il tempo di applicazione del carico, la deflessione al centro piastra ed il modulo elastico che dovrà essere calcolato con la seguente espressione $E=f \cdot (1-\eta^2) \cdot \sigma \cdot r / d_0$ con $f = 2$, $\eta = 0,35$, σ = sforzo effettivamente applicato (intorno a 70 kPa), $r = 150$ mm (raggio della piastra), e d_0 = deflessione misurata al centro piastra.

2 FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO CONFEZIONATO IN CENTRALE

D.01.003 "Fondazione stradale in misto cementato"

Il misto cementato per fondazione sarà costituito da una miscela di aggregati lapidei, impastata con cemento ed acqua in impianto centralizzato con dosatori a peso o a volume, da stendersi in un unico strato dello spessore finito di norma di 20 cm e comunque variabile secondo le indicazioni della DL.

2.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

2.1.1 AGGREGATI LAPIDEI

Saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume con percentuale di frantumato complessiva maggiore del 60% in peso sul totale degli inerti.

In ogni caso la miscela finale dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione e a trazione a 7 giorni prescritte nel seguito.

L'aggregato non dovrà essere di dimensioni superiori a 40 mm, né di forma appiattita, allungata o lenticolare.

La granulometria dovrà essere compresa nel seguente fuso ed avere andamento continuo ed uniforme.

Setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
Setaccio 40	100-100
Setaccio 31,5	90-100
Setaccio 20	70-90
Setaccio 14	58-78
Setaccio 8	43-61
Setaccio 4	28-44
Setaccio 2	18-32
Setaccio 0,4	9-20
Setaccio 0,125	6-13
Setaccio 0,063	5-10

- Perdita in peso alla prova Los Angeles (UNI EN 933-1) non superiore al 30% in peso.

- Equivalente in sabbia (UNI EN 933-8) compreso fra 30 e 60.
- Indice di plasticità (CNR UNI 10014) uguale a zero (materiale non plastico).

2.1.2 LEGANTE

Verrà impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno) di classe 325.

A titolo indicativo la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2,5% e il 4% sul peso degli inerti asciutti.

2.1.3 ACQUA

Dovrà essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, e qualsiasi altra sostanza nociva. La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento (rilevabile con lo studio con pressa giratoria) con una variazione compresa entro $\pm 2\%$ del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

2.2 STUDIO DELLA MISCELA

L'Impresa dovrà proporre alla DL la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela.

La percentuale di cemento e la percentuale di acqua, saranno stabilite in relazione alle prove di resistenza eseguite sui provini realizzati mediante 180 giri di pressa giratoria con le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche provini giratoria

Pressione verticale kPa	600 + 3
Angolo di rotazione	1,25 + 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	150

Caratteristiche di resistenza

	3 gg	7 gg	Dimensioni provini
R _t 25°C (GPa x 10 ⁻³)	0,30 – 0,50	0,32-0,60	Diametro 150mm altezza 100-130 mm
Compressione semplice 25 °C (GPa x 10 ⁻³)	1,4 – 3,6	2,5 – 5,5	Diametro 150mm altezza 160-200 mm

I provini vanno maturati a 40 °C e termostati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura.

I parametri sopra descritti devono essere ricercati mediante l'effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione delle percentuali ottimali del cemento e dell'acqua di compattazione oltreché allo stabilire la curva ottimale.

A tal fine si dovranno realizzare provini con pressa giratoria (vedi modalità descritte sopra), secondo il seguente schema (indicativo):

Cemento (%)	2			3			4			Le percentuali sono da intendersi in peso sulla miscela degli aggregati
acqua di compattazione (%)	5	6	7	5	6	7	5	6	7	
N° provini	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli aggregati, mescolandole tra loro, con il cemento e l'acqua.

I suddetti valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa + 15%, altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo.

Per particolari casi è facoltà della DL accettare valori di resistenza a compressione anche fino a 5,0 MPa a 3gg e 7,0 MPa a 7gg.

Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelti la curva, la densità (misurabile sui provini confezionati con pressa giratoria a 180 giri) e le resistenze di progetto da usare come riferimento nelle prove di controllo.

2.3 MODALITA' ESECUTIVE

Le miscele saranno confezionate in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Gli impianti dovranno comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondenti alle classi impiegate.

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accettata dalla DL la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti comunque dei tipi approvati dalla DL in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento sia longitudinale che trasversale.

Le operazioni di addensamento dello strato dovranno essere realizzate in ordine con le seguenti attrezzature:

rullo a due ruote vibranti da 10 tonnellate per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 tonnellate;

rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm e carico di almeno 18 tonnellate.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli combinati (ferro-gomma), comunque tutti approvati dalla DL, rispondenti alle caratteristiche sopra riportate.

La stesa della miscela non dovrà di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C e superiori a 25°C e mai sotto la pioggia.

Tuttavia, a discrezione della DL, potrà essere consentita la stesa a temperature diverse, mai superiori a 35 °C.

Nel caso di stesa tra 25°C e 35°C sarà necessario proteggere da evaporazione la miscela durante il trasporto dall'impianto di confezione al luogo di impiego (ad esempio con teloni); sarà inoltre necessario provvedere ad una abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato. Infine, le operazioni di costipamento e di stesa del velo di protezione con emulsione bituminosa dovranno essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature comprese tra 15°C e 18°C ed umidità relativa del 50% circa; temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relativa anch'essa crescente; comunque è opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che l'umidità relativa all'ambiente non scenda al di sotto del 15%, in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente una eccessiva evaporazione della miscela.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma le 2 ore per garantire la continuità della struttura.

Il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa, se non si fa uso della tavola sarà necessario, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale.

Non dovranno essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati e previa verifica che il transito non danneggi lo strato.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa sovrastabilizzata (designazione secondo

UNI EN 13808: C60B10 – vedi art 7.2.3) in ragione di 1,5 - 2kg/m², in relazione alla capacità di assorbimento dello strato, oltre che al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto, e successivo spargimento di sabbia.

A discrezione della Direzione dei Lavori verrà verificata la rispondenza delle caratteristiche granulometriche delle miscele.

Verrà ammessa una tolleranza di ± 5 punti percentuali fino al passante al setaccio 4 e di ± 2 punti percentuali per il passante al setaccio 2 ed inferiori, purché non vengano superati i limiti del fuso.

La rispondenza delle caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le medesime prove di laboratorio eseguite per la loro qualifica in cantiere mediante laboratorio mobile. La rispondenza delle granulometrie delle miscele a quelle di progetto dovrà essere verificata con controlli giornalieri, e comunque ogni 300 m³ di materiale posto in opera.

A compattazione ultimata la densità in sito dovrà essere non inferiore al 97% della densità dei provini confezionati con 180 giri di pressa giratoria nel 100% delle misure effettuate.

La DL effettuerà tale controllo prima della stesa degli strati superiori; in caso di carenze interromperà le lavorazioni successive fino all'ottenimento del valore richiesto.

Lo spessore stabilito non dovrà avere tolleranze in difetto superiori al 5% nel 98% dei rilevamenti; in caso contrario sia per la planarità che per le zone omogenee con spessore in difetto sarà obbligo dell'Appaltatore a sua cura e spesa compensare gli spessori carenti incrementando in egual misura lo spessore in conglomerato bituminoso sovrastante.

I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) secondo quanto previsto all'art 1.4e dovranno avere valori:

Maturazione	Modulo elastico (Mpa)
4 ore	60
24 ore	200-600

3 FONDAZIONE CON MATERIALI STABILIZZATI A CEMENTO E/O CALCE E CEMENTO, LA TECNICA DELLA MISCELAZIONE IN SITO

D.01.002 "Stabilizzazione di esistente fondazione a cemento (D.01.002.b) o calce e cemento (D.01.002.c)"

Il misto cementato per strati di fondazione con miscelazione in sito e inerente esclusivamente i lavori di **manutenzione straordinaria (MS)** sarà costituito da una miscela di aggregati derivanti dalla

preesistente fondazione in misto granulare da miscelare in sito, mediante pulvimixer, dopo aggiunta di cemento ed acqua, per uno spessore di norma di 20-30 cm e variabile secondo le indicazioni della DL (ma comunque non superiore a 35 cm).

Nei casi in cui lo strato di fondazione da stabilizzare presenti indice di plasticità $IP > 6$ (CNR UNI 10014:1964) deve essere operato un pretrattamento con calce (vedi voce D.01.002.c).

Qualora nello strato di sottofondazione al di sotto dello strato da stabilizzare si trovi localmente materiale argilloso molto plastico, lo stesso andrà opportunamente trattato con calce (vedi voce Elenco Prezzi A.02.020.b) prima della stabilizzazione dello strato sovrastante.

Altri spessori potranno essere richiesti secondo le caratteristiche progettuali.

3.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1.1 AGGREGATI LAPIDEI

Nel caso di miscelazione della preesistente fondazione in misto granulare, occorrerà verificare l'assenza di sostanze plastiche (limi, argille), in presenza delle quali comunque l'indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12) dovrà essere inferiore a 6.

La granulometria (UNI EN 933-1) dovrà rientrare nel fuso seguente:

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
setaccio 63	100-100
setaccio 40	86-100
setaccio 20	70-96
setaccio 14	62-90
setaccio 8	48-76
setaccio 4	30-58
setaccio 2	20-42
setaccio 0,25	7-20
setaccio 0,063	5-12

Qualora le caratteristiche del misto non rispondessero a tali indicazioni la DL potrà permetterne la correzione mediante aggiunta di inerti di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso richiesto e per un massimo del 20% in peso del totale della miscela.

Nel caso di impiego totale di misto granulare nuovo di apporto la curva granulometrica dovrà essere sempre continua ed uniforme e rispettare i limiti del fuso di seguito riportato; gli inerti non dovranno avere forma allungata o lenticolare e la perdita in peso Los Angeles (UNI-EN1097-2) non superiore a 30% in peso; il materiale dovrà risultare non plastico (N.P.).

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
setaccio 63	100-100
setaccio 40	84-100
setaccio 20	68-90
setaccio 14	58-82
setaccio 8	44-70
setaccio 4	28-54
setaccio 2	22-42
setaccio 0,25	8-20
setaccio 0,063	6-12

3.1.2 LEGANTE

Nel caso di trattamento con solo cemento verrà impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno) di classe 325.

A titolo indicativo la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2,5% e il 4% sul peso degli inerti asciutti.

Nel caso di trattamento con calce e cemento, nel pretrattamento con calce dovrà essere utilizzata calce idrata costituita prevalentemente da idrossido di calcio.

A titolo indicativo, nelle stabilizzazioni con calce e cemento, la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2,0% e il 3,0%, la percentuale di calce sarà compresa tra l'1,5% e il 2,0%, in entrambi i casi in peso rispetto agli aggregati asciutti.

3.1.3 ACQUA

Dovrà essere pura ed esente da sostanze organiche.

L'umidità potrà essere controllata in cantiere con sistemi rapidi.

Nel caso di lavori durante la stagione calda sarà opportuno riumidificare il misto miscelato, prima della rullatura.

3.2 STUDIO DELLA MISCELA

Prima delle lavorazioni si deve prevedere un saggio di almeno 150 kg su cui effettuare uno studio da realizzare con pressa giratoria per stabilire le percentuali di cemento/calce e acqua ottime ed eventuali integrazioni.

Ai fini della determinazione della percentuale di cemento e umidità ottima si dovranno realizzare provini con 180 giri di pressa giratoria con le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche provini giratoria

Pressione verticale kPa	600 + 3
Angolo di rotazione	1,25 + 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	150

Caratteristiche di resistenza

	3 gg	7 gg	Dimensioni provini
Rt 25°C (GPa x 10 ⁻³)	0,20 – 0,45	0,25-0,50	Diametro 150mm altezza 100-130 mm
Compressione semplice 25 °C (GPa x 10 ⁻³)	1,3 – 3,5	2,0 – 5,0	Diametro 150mm altezza 160-200 mm

I provini vanno maturati a 40 °C e termostatati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura.

I parametri sopra descritti potranno essere ricercati mediante l'effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione delle percentuali ottimali del cemento e dell'acqua di compattazione oltreché allo stabilire l'eventuale aggiunta di aggregati di integrazione.

A tal fine si dovranno realizzare provini con pressa giratoria (vedi modalità descritte sopra), secondo il seguente schema (indicativo):

Cemento (%)	2			3			4			Le percentuali sono da intendersi in peso sulla miscela degli aggregati
acqua di compattazione (%)	5	6	7	5	6	7	5	6	7	
N° provini	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

I sei provini (per ciascun punto dello studio) andranno maturati e rotti tre a compressione e tre a trazione indiretta a 3 o 7 gg

Dallo studio si potrà evidenziare anche la necessità di integrare la miscela da riciclare con eventuali aggregati di integrazione.

3.3 MODALITÀ ESECUTIVE

La demolizione degli strati legati a bitume dovrà interessare la corsia da sistemare per una larghezza che sarà di volta in volta indicata dalla DL e che comunque non dovrà essere inferiore, là dove possibile, a 4,5 m alla base dello scavo.

Si dovranno comunque comprendere nella superficie da demolire anche i giunti di strisciata dei vari strati, gradonando la sezione di scavo dalla quota superiore a quella inferiore in modo che la larghezza dello strato da miscelare non sia inferiore a 4,0 m.

Nel caso di fondazioni in macadam o scapoli di pietrame e di fondazioni in misto granulare o stabilizzato molto compromesse per la presenza di sostanze argillose od altro, si procederà, dietro preciso ordine della DL alla loro demolizione ed asportazione; la ricostruzione dello strato sarà effettuata mediante la stabilizzazione a cemento con aggregati interamente di integrazione.

Il cemento verrà distribuito sul materiale da stabilizzare in modo uniforme su tutta la superficie rimossa mediante idonei spargitori.

La miscelazione, preceduta da umidificazione il cui grado sarà definito in funzione della percentuale di umidità presente nel materiale da trattare e dalle condizioni ambientali, sarà realizzata con idonea attrezzatura approvata dalla DL in grado di rimuovere e mescolare uniformemente uno spessore minimo di 20 cm.

La miscelazione dovrà interessare tutta la superficie in modo uniforme comprese le fasce adiacenti alle pareti verticali dello scavo. La miscelazione non dovrà mai essere eseguita in condizioni ambientali e atmosferiche avverse quali pioggia o temperatura ambiente non comprese tra 5°C e 35°C.

Le condizioni ambientali ottimali si verificano con temperature intorno a 18°C e con tasso di umidità di circa il 50%; con temperature superiori l'umidità dovrà risultare anch'essa crescente. Con temperature inferiori il tasso di umidità non dovrà essere inferiore al 15%.

Completata l'operazione di miscelazione si dovrà provvedere al regolare ripristino dei piani livellando il materiale con idonea attrezzatura secondo le quote e le disposizioni della DL.

Il materiale dovrà presentare in ogni suo punto uniformità granulometrica e giusto dosaggio di cemento.

Le operazioni di costipamento e la successiva stesa dello strato di protezione dovranno essere eseguite immediatamente dopo le operazioni di miscelazione e di risagomatura; dovranno comunque essere ultimate entro tre ore dalla stesa del cemento.

L'addensamento dello strato che potrà essere preceduto, a discrezione della DL, da una eventuale ulteriore umidificazione e dovrà essere realizzato in ordine con le seguenti attrezzature:

rullo a due ruote vibranti da 10 tonnellate per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 tonnellate;

rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm e carico di almeno 18 tonnellate.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli combinati (ferro-gomma), comunque tutti approvati dalla DL, rispondenti alle caratteristiche sopra riportate.

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa sovrastabilizzata (vedi art. 7.2.37.2) in ragione di $1,5 \div 2,0$ Kg/m², in relazione alla capacità di assorbimento dello strato, oltre che al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto, e successivo spargimento di sabbia.

Considerata la complessità dell'effettuazione di uno studio completo che segua lavorazioni di notevole rilevanza e anche l'estrema variabilità potenziale del materiale da stabilizzare che potrebbe vanificare l'effettuazione di un solo studio su un solo prelievo per ottimizzare la lavorazione, si dovrà effettuare una serie di verifiche durante l'esecuzione dei lavori secondo la metodologia descritta di seguito.

Ogni 500 m circa di lavorazione dovranno essere effettuate le seguenti valutazioni:

- verifica della granulometria
- verifica della % di umidità;
- verifica della % di cemento che dovrà avere un valore legato alla natura del materiale da riciclare ed alla sua % di umidità

Indicativamente considerando una lavorazione di 25 cm, si fornisce la seguente tabella per l'impiego di cemento in funzione del contenuto d'acqua.

Contenuto d'acqua totale	Cemento	kg cemento/calce a m ² su 25 cm di lavorazione.
5-6%	2,5 %	12,5
6-7%	3,0 %	15,0
7-10%	3,5 %	17,5

- formazione di provini giratoria per la verifica delle resistenze e densità.

I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) secondo quanto previsto all'art 1.4 e dovranno avere valori:

Maturazione	Modulo elastico (MPa)
4 ore	60
24 ore	180-600

4 FONDAZIONE CON TECNICA DEL BITUME SCHIUMATO REALIZZATO IN SITO

- **D.01.004.a** "Riciclaggio a freddo di pavimentazione stradale con la tecnica del bitume schiumato"

La lavorazione dello schiumato permette di riciclare in sito vecchie fondazioni (misti cementati ammalorati, misti stabilizzati da "potenziare" (manutenzione straordinaria) o per realizzare la fondazione o sottofondazione (Nuove Costruzioni) con la posa in opera e la lavorazione di materiale idoneo, vergine o proveniente da fresature o rimozioni di pacchetti stradali ammalorati, previa autorizzazione della DL.

Questa lavorazione si può impiegare nelle Manutenzioni Straordinarie e nelle Nuove Costruzioni (MS, NC).

Nella manutenzione straordinaria la lavorazione consiste nella rimozione e miscelazione (mediante idonee riciclatrici), e successiva compattazione, di strati profondi ammalorati (stabilizzati, cementati ecc.) compresa (se necessario) una parte di conglomerato bituminoso (per spessori max di 4-10 cm) compatibilmente con la macchina riciclatrice impiegata e lo stato del conglomerato residuo. L'opportunità di fresare in anticipo questi strati verrà decisa di volta in volta in accordo con la DL.

Il bitume viene immesso nella camera di mescolazione della riciclatrice (insieme all'acqua), mentre il cemento viene in genere steso prima anteriormente al treno di riciclaggio.

Le attuali tecnologie permettono di "trattare" spessori massimi di 25-27 cm compattati.

Prima di iniziare la lavorazione, al fine di verificare gli spessori, vanno eseguiti 2-3 carotaggi per km, mentre per la caratterizzazione del materiale da riciclare va eseguito minimo un saggio di almeno 150 kg; lo scopo è quello di ottenere il raggiungimento delle resistenze indicate rispettando i parametri fondamentali su miscele addensate con pressa giratoria.

Nel caso non si possa effettuare uno studio preventivo completo per l'ottimizzazione dei parametri della lavorazione (cemento, bitume, eventuali integrazioni, eventuale acqua di aggiunta ecc), si potrà iniziare la lavorazione ed analizzare quindi il materiale del saggio per valutare, in corso d'opera, i parametri fondamentali che seguono.

La fondazione potrà essere formata da materiale di apporto (Nuove Costruzioni) idoneo oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione.

Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato progettualmente e verificato dalla DL.

L'Impresa dovrà proporre alla DL la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela.

4.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

- granulometria compresa nel seguente fuso (post estrazione se compresa di conglomerato bituminoso) e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite:

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
setaccio 63	100-100
setaccio 40	86-100
setaccio 20	70-95
setaccio 14	62-90
setaccio 8	48-75
setaccio 4	30-56
setaccio 2	20-40
setaccio 0.25	8-20
setaccio 0.063	5-10

- i bitumi da impiegare dovranno essere saranno quelli descritti all'art. 7.1.3 e andranno impiegati orientativamente al 3% in peso sulla miscela, salvo diverse indicazioni derivanti dallo studio e da indicazioni della DL.

Verrà impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno) di classe 325 in percentuale connessa al contenuto d'acqua del materiale da riciclare (ricavato dal saggio effettuato) e alle resistenze da ottenere.

4.2 STUDIO DELLA MISCELA

Ai fini della determinazione delle percentuali di cemento, bitume e umidità ottima si dovranno realizzare provini con 180 giri di pressa giratoria aventi le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche provini giratoria

Pressione verticale kPa	600 ± 3
Angolo di rotazione	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	150

Caratteristiche di resistenza

	3 gg	Dimensioni provini
Rt 25°C (GPa x 10 ⁻³)	0,32 – 0,55	Diametro 150mm altezza 100-130 mm
CTI 25°C (GPa x 10 ⁻³)	≥ 50	
Compressione semplice 25 °C (GPa x 10 ⁻³)	1,0 – 3,0	Diametro 150mm altezza 160-200 mm

I provini vanno maturati a 40 °C e termostati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura.

Per la corretta esecuzione della lavorazione deve essere sempre effettuata un'integrazione di materiale in sito con il 10% di sabbia di frantumazione 0/4 (circa 2,5 cm di spessore da stendere con finitrice) a meno di riciclare strati con notevole contenuto di fino.

Potrà essere prevista anche l'integrazione di una graniglia di integrazione (max 15%) che potrà variare avere dimensione massima 30 mm a seconda della tipologia e della granulometria del materiale da riciclare.

Sarà la DL a stabilire le modalità di procedere, valutando se è necessaria l'integrazione del materiale in sito.

I parametri sopra descritti potranno essere ricercati mediante l'effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione delle percentuali ottimali dei leganti (cemento e bitume) e dell'acqua di compattazione, oltreché allo stabilire l'eventuale aggiunta di aggregati di integrazione.

A tal fine si dovranno realizzare provini con pressa giratoria (punto d) secondo il seguente schema (indicativo):

Cemento (%)	2			3			4			Le percentuali sono da intendersi in peso sulla miscela
Bitume schiumato (%)	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
Acqua di compattazione (%)	5	6	7	5	6	7	5	6	7	
N° provini	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

I sei provini (per ciascun punto dello studio) andranno maturati e rotti tre a compressione e tre a trazione indiretta

4.3 MODALITÀ ESECUTIVE

Il materiale verrà steso in strati di spessore (compattato) non superiore a 28 cm e non inferiore a 18 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato riciclato.

Verificandosi comunque eccesso di umidità o danni dovuti a pioggia o gelo lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati un rullo monotamburo vibrante di almeno 18 tonnellate preferibilmente accoppiato ad un rullo gommato di almeno 24 tonnellate.

Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

Il materiale dopo il passaggio della riciclatrice dovrà presentarsi omogeneo e con il bitume ben disperso (senza la presenza di grumi).

Va sempre effettuata una sovrapposizione delle strisciate di 15-30 cm in relazione alla larghezza del "tamburo" della stabilizzatrice che dovrà essere scelto di dimensioni adeguate alla larghezza dell'intervento da realizzare.

E' da evitare la stesa in condizioni di pioggia e con temperature inferiori a 10 °C.

Per la stesa dello strato superiore si dovrà attendere il giorno successivo (o almeno 6-8 ore nel caso di esigenze operative improrogabili).

Particolare attenzione va posta nel controllo della umidità che dovrà rimanere nei limiti indicati per non compromettere l'esito della lavorazione.

Per quanto riguarda il controllo delle lavorazioni considerata la complessità dell'effettuazione di uno studio completo che segua lavorazioni di notevole rilevanza e anche l'estrema variabilità potenziale del materiale da stabilizzare che potrebbe vanificare l'effettuazione di un solo studio su un solo prelievo per ottimizzare la lavorazione, si dovrà effettuare una serie di verifiche durante l'esecuzione dei lavori secondo la metodologia descritta di seguito.

Ogni 500 m circa di lavorazione dovranno essere effettuate le seguenti valutazioni:

- verifica della granulometria (post estrazione) con % di bitume risultante nella miscela presente che deve essere compreso tra 3,0 e 4,5%;
- verifica della % di umidità;
- prelievo di materiale su cui effettuare test a resistenza diametrale, vedi art. 4.2
- verifica della temperatura del bitume in fase di schiumaggio che deve essere sempre >160 °C (alla autobotte 165 °C).
- verifica della % di cemento che dovrà avere un valore legato alla natura del materiale da riciclare ed alla sua % di umidità; nel caso ci sia una variazione di umidità la quantità di cemento per i tratti successivi al prelievo va adeguata secondo quanto prescritto nella tabella di seguito.

Indicativamente considerando una lavorazione di 25 cm, si fornisce la tabella per l'impiego di cemento in funzione del contenuto d'acqua:

Contenuto d'acqua totale	Cemento	Kg cemento a m ² su 25cm di lavorazione.
5-6%	2 %	10
6-8%	2,5 %	12,5
8-10%	3 %	15
10-12%	3,5 %	17,5

I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) secondo quanto previsto all'art 1.4 e dovranno avere valori:

Maturazione	Modulo elastico (MPa)
4 ore	>60
24 ore	180-600

Nota

Nel caso i materiali da stabilizzare con tecnica del bitume schiumato rilevati nei saggi esplorativi presentino caratteristiche plastiche (IP > 6) la DL potrà valutare, nella fase di esecuzione, la sostituzione del materiale o un pretrattamento a calce.

5 FONDAZIONE CON TECNICA DEL BITUME SCHIUMATO REALIZZATO IN IMPIANTO

La tecnologia dello schiumato in impianto va applicata per reimpiegare materiali fresati o vergini, stoccati in cumuli, lavorandoli con opportuni impianti in aree adiacenti il tratto da risanare o realizzare o a fianco agli impianti a caldo; il materiale a cui sono aggiunti i leganti e l'acqua dovrà essere steso con finitrice e compattato.

Gli impianti devono prevedere la possibilità di caricare direttamente il materiale sui camion per il trasporto in sito e la stesa (opzione preferibile); è possibile stoccare in cumuli il materiale già "schiumato" per 1 o 2 ore, ma è preferibile stenderlo e compattarlo subito e comunque il conglomerato schiumato in impianto dovrà essere steso e compattato entro 4 ore dall'uscita dall'impianto.

Nella miscela è possibile impiegare vecchie fondazioni o pavimentazioni (misti cementati ammalorati, misti stabilizzati da riciclare, fresati di conglomerati bituminosi), materiali vergini, purché opportunamente frantumati e rispondenti alle caratteristiche in seguito illustrate e ritenuti comunque idonei dalla DL.

5.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

Il materiale in opera risponderà alle caratteristiche seguenti:

- granulometria compresa nel seguente fuso (post estrazione se compresa di conglomerato bituminoso) e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite:

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
Setaccio 63	100-100
setaccio 40	94-100
setaccio 20	88-100
setaccio 14	62-88
setaccio 8	44-72
setaccio 4	28-54
setaccio 2	22-40
setaccio 0.25	5-18
Setaccio 0.063	4-10

- i bitumi da impiegare dovranno essere quelli descritti all'art. 7.1.3 e andranno impiegati orientativamente al 3,0 % in peso sulla miscela, salvo diverse indicazioni derivanti dallo studio e da indicazioni della DL;
- verrà impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno) di classe 325 in percentuale circa del 2% in peso sulla miscela ed acqua di compattazione variabile tra 5 e 7% in peso sulla miscela salvo diverse indicazioni derivanti dallo studio e da indicazioni della DL;

5.2 STUDIO DELLA MISCELA

Ai fini della determinazione delle percentuali di cemento, bitume e umidità ottima si dovranno realizzare provini con pressa giratoria a n° giri 180 con le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche provini giratoria

Pressione verticale kPa	600 ± 3
Angolo di rotazione	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	150

Caratteristiche di resistenza

	3 gg	Dimensioni provini
Rt 25°C (GPa x 10 ⁻³)	0,30 – 0,50	Diametro 150mm altezza 100-130 mm
CTI 25°C (GPa x 10 ⁻³)	≥ 40	
Compressione semplice 25 °C (GPa x 10 ⁻³)	1,0 – 2,5	Diametro 150mm altezza 160-200 mm

I provini vanno maturati a 40 °C e termostati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura.

Nel caso si impieghi solo materiale proveniente dalla fresatura di conglomerati bituminosi per la corretta esecuzione della lavorazione è bene integrare il materiale con il 10% di sabbia di frantumazione 0/4 e 15- 20 % di graniglia.

Sarà la DL a stabilire le modalità di procedere valutando se è necessario integrare con materiale di pezzature diverse.

I parametri sopra descritti potranno essere ricercati mediante l'effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione del materiale da impiegare, delle percentuali ottimali dei leganti (cemento e bitume) e dell'acqua di compattazione.

A tal fine si dovranno realizzare provini con pressa giratoria secondo il seguente schema (indicativo):

Cemento (%)	1,5			2,0			2,5			Le percentuali sono da intendersi in peso sulla miscela
Bitume schiumato (%)	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
Acqua di compattazione (%)	5	6	7	5	6	7	5	6	7	
N° provini	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

I sei provini (per ciascun punto dello studio) andranno maturati e rotti tre a compressione e tre a trazione indiretta.

5.3 MODALITÀ ESECUTIVE

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 15 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

È possibile, per spessori superiori a 20 cm, dividere la lavorazione in due strati.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato riciclato.

Verificandosi comunque eccesso di umidità o danni dovuti alla pioggia o gelo lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati un rullo monotamburo vibrante di almeno 19 tonnellate preferibilmente accoppiato ad un rullo gommato di almeno 18 tonnellate.

Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

La DL effettuerà tale controllo prima della stesa degli strati superiori; in caso di carenze interromperà le lavorazioni successive fino all'ottenimento del valore richiesto.

Il materiale dopo la stesa con vibrofinitrice dovrà presentarsi omogeneo e con bitume ben disperso (senza la presenza di grumi).

Per la stesa dello strato superiore si dovrà attendere il giorno successivo (o almeno 6-8 ore nel caso di esigenze operative improrogabili).

Particolare attenzione va posta nel controllo della umidità e dei leganti per non compromettere l'esito della lavorazione.

I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) secondo quanto previsto all'art 1.4 e dovranno avere valori:

Maturazione	Modulo elastico (Mpa)
4 ore	> 60
24 ore	180-600

6 FONDAZIONE STABILIZZATA CON CEMENTO ED EMULSIONE BITUMINOSA SOVRASTABILIZZATA

- **D.01.004.b** "Riciclaggio a freddo di pavimentazione stradale con cemento ed emulsione bituminosa sovrastabilizzata"

Le miscele stabilizzate con cemento ed emulsione bituminosa, da impiegare negli strati di fondazione, sono costituite da aggregati vergini ovvero da materiali di riciclo della vecchia pavimentazione con quantità variabili di conglomerato bituminoso di recupero (fresato) che possono arrivare fino al 100%.

Queste miscele trovano impiego sia nella costruzione di nuove infrastrutture stradali, sia negli interventi di manutenzione di pavimentazioni stradali ed aeroportuali.

6.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

6.1.1 AGGREGATI LAPIDEI

Sono in generale costituiti da materiali di riciclo di pavimentazioni stradali esistenti: conglomerato bituminoso di recupero (fresato), misto cementato, misto granulare tout venant, eventualmente integrati con aggregati vergini (di primo impiego). Non è escluso l'impiego di soli aggregati di primo impiego. Qualora i materiali di riciclo della vecchia pavimentazione contengano frazioni limo-argillose ($IP > 6$), queste devono essere eliminate (sostituite con materiali idonei) ovvero preventivamente trattate con calce.

Il conglomerato bituminoso di recupero (fresato), nei casi in cui la miscelazione sia prevista in impianto (fisso o mobile) deve essere vagliato prima del suo reimpiego per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori a 31,5 mm. Tale operazione non è necessaria quando è prevista la miscelazione in sito mediante pulvimixer.

La granulometria degli aggregati, compreso il fresato, deve essere eseguita per via umida sul materiale prelevato all'impianto, dopo la vagliatura, oppure dopo un passaggio di pulvimixer quando sia prevista la miscelazione in sito.

Qualora la granulometria degli aggregati di riciclo si discosti dal fuso indicato nella sottostante tabella, la Direzione Lavori potrà ordinarne l'integrazione mediante l'aggiunta di aggregati di primo impiego di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso previsto.

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
Setaccio 40	100
Setaccio 31,5	80-100
Setaccio 16	58-92
Setaccio 8	42-76
Setaccio 4	30-56
Setaccio 2	18-40
Setaccio 0,5	9-25
Setaccio 0,063	3-8

Gli aggregati di primo impiego sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali: rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi.

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13242.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati e i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere eseguita mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso e l'aggregato fine possono essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, siano soddisfatti i requisiti indicati nelle tabelle sottostanti.

AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{NR/70}
Dimensione massima	UNI EN 933-1	D	mm	40	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA24	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥60	-
Quantità di frantumato			%	100	-
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12			NP	-
Limite Liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12		%	≤25	

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle sopra riportate viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori indicati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

6.1.2 EMULSIONE BITUMINOSA

Il legante bituminoso viene inserito sotto forma di emulsione bituminosa. Tale emulsione deve essere specificatamente formulata, cioè di bitume distillato, sovrastabilizzata (designazione secondo UNI EN 13808: C60B10), con le caratteristiche riportate nella sottostante.

EMULSIONE BITUMINOSA C 60 B10					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	W	%	40+/-1	6
Contenuto di legante (bitume+flussante)	UNI EN 1431	-	%	> 59	6
Omogeneità	UNI EN 1429	-	%	<0,2	
Sedimentazione a 7gg.	UNI EN 12847	ST	%	<10	3
pH (grado di acidità)	UNI EN 12850	pH		2÷4	
Miscelazione con legante idraulico	UNI EN 12848	-	%	< 2	10

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa riportati nella tabella sovrastante viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

6.1.3 CEMENTO

I cementi impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13282-1 (Rapid gardening hydraulic road binders) e UNI EN 13282-2 (Normal gardening hydraulic road binders).

È preferibile usare legante idraulici resistente ai solfati (SR 0) e a basso calore d'idratazione, il suo dosaggio deve essere determinato con specifici studi di laboratorio.

6.1.4 ACQUA

L'acqua impiegata deve essere esente da impurità dannose, conforme alla norma UNI EN 1008.

6.2 STUDIO DELLA MISCELA

Le percentuali ottimali di cemento, acqua ed emulsione bituminosa e dell'eventuale integrazione di inerti sono stabilite mediante uno specifico studio in laboratorio.

Per una corretta valutazione delle caratteristiche del materiale esistente nel tronco stradale interessato dal trattamento devono esser eseguiti prelievi ogni 500 m, eventualmente intensificati in caso di disomogeneità.

Nel caso sia prevista la miscelazione con pulvimixer i campioni degli aggregati per lo studio della miscela devono esser prelevati in cantiere, subito dopo un passaggio di pulvimixer senza la stesa dei leganti.

Sui campioni prelevati devono essere eseguiti analisi granulometriche per via umida (UNI EN 933-1) ed indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12) per stabilire la necessità di trattamento con calce e l'integrazione degli inerti.

Prima di definire la giusta combinazione di leganti, deve essere determinato il contenuto ottimale di acqua sulla miscela granulare con il 2% in peso di cemento, secondo le indicazioni riportate nella tabella sottostante.

I provini con diverso contenuto di acqua devono essere compattati con pressa giratoria (UNI EN 12697-31) nelle seguenti condizioni di prova:

Tipo di fustella: NON drenata

Angolo di rotazione: $1.25^\circ \pm 0.02^\circ$

Velocità di rotazione: 30 rotazioni al minuto

Pressione verticale: 600kPa

Dimensioni provino: 150 mm

n° giri: 100

Peso campione: 2800 g (comprensivi di cemento e acqua)

Nel caso in cui gli elementi più grossolani impediscano la produzione di provini geometricamente regolari deve essere eliminato il trattenuto al setaccio da 20 mm.

Cemento [%]	2,0					
Acqua[%]	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0

Provini [n°]	3	3	3	3	3	3
--------------	---	---	---	---	---	---

Ogni provino deve essere pesato prima e dopo la compattazione al fine di determinare la percentuale di (eventuale) acqua espulsa.

I provini così ottenuti devono essere essiccati fino a peso costante in stufa a 40°C e sottoposti a prova per la valutazione della massa volumica (UNI EN 12697-6/procedura D). Il contenuto ottimo di acqua è quello che permette di raggiungere il valore più elevato di massa volumica della miscela (secca) e un quantitativo di acqua espulsa durante la compattazione minore dello 0,5%.

Secondo la stessa procedura di compattazione e con il contenuto di acqua ottimo, devono essere confezionati provini con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli inerti) di cemento e di emulsione bituminosa, come indicato nella tabella sottostante.

Acqua [%]	Contenuto ottimo								
	1,5			2,0			2,5		
Cemento [%]									
Emulsione bituminosa [%]	2,5	3,0	3,5	2,5	3,0	3,5	2,5	3,0	3,5
Provini [n°]	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Nel contenuto ottimo di acqua della miscela bisogna considerare anche l'acqua apportata dall'emulsione.

I provini così confezionati devono subire una maturazione a 40 °C per 72 ore e successivamente devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697-23), dopo un condizionamento per 4 ore in camera climatica a 25 °C. Tali provini devono fornire resistenza a trazione diametrale $R_t > 0,35$ MPa.

Sui provini confezionati con le miscele che soddisfano i requisiti di resistenza a trazione indiretta, maturati per 72 ore a 40 °C, si devono determinare:

- modulo di rigidezza in configurazione di trazione indiretta (spostamento orizzontale imposto 5 ± 0.2 μ m) secondo la Norma UNI EN 12697/26;
- perdita di resistenza dopo imbibizione a 25 °C per 1 ora sottovuoto a 50 mm di mercurio;
- perdita di resistenza dopo saturazione in acqua (per il tempo necessario al raggiungimento del peso costante) e 15 cicli gelo – disgelo (-20°C/+20°C).

La miscela ottima di progetto è quella che fornisce il modulo di rigidezza a 20 °C più piccolo tra quelli che risultano maggiori di 3000 MPa e resistenza a trazione indiretta dopo imbibizione maggiore del 70% di quella ottenuta su provini non immersi in acqua, resistenza a trazione indiretta e resistenza a compressione dopo cicli gelo – disgelo maggiore del 50% di quella ottenuta su provini non trattati.

Sulla miscela ottima si deve determinare la densità geometrica a 100 giri di pressa giratoria che costituisce il riferimento per il controllo della densità in sito.

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori e per ogni cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettata dalla Direzione Lavori la composizione granulometrica di progetto, non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali dei trattenuti di +/- 10 per gli aggregati riciclati, di +/- 5 per gli aggregati di integrazione. Per la percentuale di emulsione bituminosa (determinata per differenza tra la quantità di legante complessivo e la quantità di bitume contenuta nel fresato) non deve essere tollerato uno scostamento da quella di progetto di +/- 0,25.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate al momento della stesa, come pure dall'esame delle carote prelevate in sito.

6.3 CONFEZIONE E POSA IN OPERA DELLE MISCELE

La stabilizzazione con cemento ed emulsione bituminosa può essere realizzata mediante un "treno" di riciclaggio costituito da: fresa, macchina stabilizzatrice (pulvimixer tale da frantumare i grumi del conglomerato fresato e miscelare omogeneamente cemento ed emulsione), autobotte per il legante bituminoso, autobotte per l'acqua, livellatrice e almeno 2 rulli.

Subito dopo la miscelazione si deve procedere al livellamento della miscela ed alla compattazione mediante l'impiego di un rullo vibrante di peso non inferiore a 18 tonnellate con controllo di frequenza e di ampiezza di vibrazione e di un rullo gommato di carico statico non inferiore a 24 tonnellate.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

In alternativa al "treno" di riciclaggio, per la confezione delle miscele potrà essere utilizzato un impianto mobile da installare in cantiere. L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. In questo caso la stesa viene effettuata con macchina vibrofinitrice cui segue la compattazione come nel caso del treno di riciclaggio.

Il trattamento di stabilizzazione deve essere sospeso con temperatura dell'aria inferiore ai 10°C e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche, o da altre cause, devono essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

La superficie finita, controllata a mezzo di un regolo di 4,00 m di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali, non deve scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 10 mm e tale scostamento non può essere che saltuario. Qualora si riscontri un maggior scostamento dalla sagoma di progetto, non è consentito "correggere" il difetto con il riporto e la successiva rullatura di piccole quantità di materiale (anche se costituita dalla stessa miscela). Si suggerisce pertanto di realizzare lo

strato con spessore in eccesso di 10 - 15 mm e di risagomare il piano finito, a costipamento ultimato, con macchina fresatrice.

Ultimato il costipamento, compatibilmente con le attività di cantiere, lo strato deve essere fatto maturare per qualche giorno, favorendo l'evaporazione dell'acqua, prima di essere coperto. Quando invece è prevista pioggia lo strato deve essere immediatamente protetto. In entrambi i casi viene utilizzata emulsione sovra stabilizzata (tipo C60B10), la stessa usata nella formazione della miscela, con un dosaggio di circa 1,5 kg/m², e successivo spargimento di graniglia o sabbia.

6.4 CONTROLLO SULLA QUALITA' DELLA LAVORAZIONE

Il controllo della qualità degli strati stabilizzati con cemento ed emulsione bituminosa deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

La frequenza dei controlli sarà di norma ogni 5000 m² di superficie realizzata (trattata). La Direzione Lavori potrà variare in più o in meno il numero di controlli riguardo all'andamento dei lavori e/o a specifiche problematiche di cantiere.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità. La granulometria della miscela di aggregati deve essere verificata su campioni prelevati prima dell'aggiunta dei leganti, all'impianto di produzione oppure in situ, dopo un passaggio della macchina riciclatrice (pulvimixer).

Sulla miscela con i leganti vengono determinate: la percentuale di bitume (per differenza tra la quantità di legante complessivo e la quantità di bitume contenuta nel fresato) e la percentuale d'acqua. Su provini confezionati con pressa giratoria vengono eseguite le prove di resistenza a trazione indiretta ed il modulo di rigidezza in configurazione di trazione indiretta.

Dopo 90 giorni dal trattamento vengono eseguite prove per la determinazione del modulo elastico dinamico mediante deflettometro a massa battente (Falling Weight Deflectometer - FWD). Sulle carote prelevate vengono determinati il peso di volume e lo spessore. Potranno inoltre, a discrezione della Direzione Lavori, essere determinati lo spessore, il peso di volume la resistenza a trazione indiretta R_t (UNI EN 12697-23) (UNI EN 13286-42) e il modulo di rigidezza (UNI EN 12697-26 Annesso C).

A compattazione ultimata la densità secca in situ (γ_{situ}), nel 95% dei punti controllati (con prelievo di carote), non deve essere inferiore al 97% del valore di riferimento ($\gamma_{\text{laboratorio}}$) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto costipata con pressa giratoria a 100 giri e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Quando possibile il valore di riferimento deve essere costituito dall'addensamento ottenuto sulla miscela effettivamente utilizzata in quel punto, costipata direttamente in cantiere con pressa giratoria collocata su un laboratorio mobile. Il campione, costituito da circa 2800 g di miscela (comprensiva di cemento e acqua) deve essere costipato con 100 giri di pressa giratoria.

Le misure della massa volumica su provini asciutti sono effettuate secondo la norma (UNI EN 12697-6/procedura D).

Nella prova di trazione indiretta (UNI EN 12697-23) eseguita su carote prelevate dopo 90 giorni dalla realizzazione o su provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria (100 giri), maturati in camera climatica per 72 ore a 40 °C e successivamente, condizionati per 4 ore a 25 °C, la Resistenza a Trazione Indiretta R_t non deve essere inferiore a 0,35 MPa.

Il modulo di rigidezza alla temperatura di 20°C determinato in configurazione di trazione indiretta (UNI EN 12697-26) con deformazione imposta di $5 \pm 0.2 \mu\text{m}$ su carote prelevate dopo 90 giorni dalla realizzazione e su provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria a densità di progetto (100 giri), maturati in camera climatica per 72 ore a 40°C oppure dopo 28 giorni di maturazione a 20°C, nel 95% dei campioni, non deve essere inferiore a 3000 MPa. Sugli stessi provini e con gli stessi diametri di misura, il modulo di rigidezza alla temperatura a 40°C deve essere minore del 75% del valore ottenuto a 20°C.

Il modulo elastico, rilevato dopo 90 giorni dal trattamento con Falling Weight Deflectometer, e riferito alla temperatura di 20°C, al 15° percentile non deve essere inferiore a 3,0 GPa.

Per valori del modulo elastico (15 percentile) compresi tra 1,5 e 3,0 GPa viene applicata allo strato di fondazione una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 10s + 5s^2$$

dove s è la differenza tra 3 GPa ed il valore del 15 percentile del modulo elastico del tratto omogeneo (cui il valore si riferisce) espresso in GPa.

Valori del modulo elastico inferiori a 1,5 GPa comportano la demolizione ed il rifacimento dello strato di fondazione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

In alternativa la Direzione Lavori può indicare l'esecuzione di interventi compensativi della carenza rilevata che consentono di raggiungere la vita utile della pavimentazione prevista dal progetto.

Nel caso non vengano eseguite prove FWD l'accettazione della lavorazione o l'eventuale calcolo delle detrazioni viene eseguito con riferimento al modulo di rigidezza determinato sulle carote in configurazione di trazione indiretta (UNI EN 12697-26), applicando lo stesso criterio previsto per il modulo elastico.

A integrazione dei controlli precedenti possono essere eseguite prove con piastra dinamica leggera (dynamic plate-load test). Il modulo dinamico E_{vd} dopo la compattazione non deve essere inferiore a 70 MPa nel 90% dei punti analizzati. Le misure di modulo dinamico sono riportate alla temperatura di riferimento (25°C) applicando correzioni di un punto percentuale ogni grado centigrado di scostamento, incrementando il valore del modulo nel caso di misure effettuate a temperature maggiori di 25°C, diminuendolo nel caso di misure effettuate a temperature minori di 25°C. L'attrezzatura impiegata deve essere equipaggiata con una massa battente da 10 kg che genera una forza d'impatto di 7,07 kN con una durata dell'impulso di 18 ms su una piastra di diametro di 300 mm. La procedura di prova prevede l'applicazione di tre colpi successivi di cui vengono acquisite le deformazioni e, nota la tensione di carico applicata, la macchina restituisce automaticamente il risultato (modulo dinamico) definito come la media delle tre misurazioni. I tre colpi di prova devono essere preceduti da altri tre colpi in modo tale da ottenere un buon contatto tra il piatto di carico ed il suolo. La piastra di carico deve essere sistemata su un piano adeguatamente liscio con l'eventuale disposizione di sabbia mono-granulare per livellare la superficie. Nei casi in cui non si realizzi un buon contattato tra piastra e pavimentazione, oppure l'inclinazione del piano sia eccessiva (maggiore del 6%), si possono verificare degli spostamenti laterali che inficiano i risultati.

7 LEGANTI BITUMINOSI E LORO MODIFICATI

7.1 LEGANTI BITUMINOSI SEMISOLIDI


Per leganti bituminosi semisolidi si intendono i bitumi per uso stradale costituiti sia da bitumi di base che da bitumi modificati.

7.1.1 BITUMI DI BASE

I bitumi di base per uso stradale sono quelli con le caratteristiche indicate in tab. 7.A impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi di cui all'art. 8. Le tabelle seguenti si riferiscono nella prima parte al prodotto di base così come viene prelevato nelle cisterne (stoccaggi), nella seconda parte al prodotto sottoposto all'invecchiamento artificiale; la non rispondenza del legante alle caratteristiche richieste comporta l'applicazione delle detrazioni di cui all'art. 8.4, qualora il materiale sia accettato dalla DL.

TABELLA 7.A		Bitume 50/70	Bitume 70/100
caratteristiche	U.M.	Valore	
PRIMA PARTE			
penetrazione a 25° C	dmm	50-70	70-100
punto di rammollimento	° C	45-60	40-60
punto di rottura Fraass, min.	° C	≤-6	≤-8
ritorno elastico a 25° C	%	-	-
stabilità allo stoccaggio tube test	°C	-	-
viscosità dinamica 160°C (Shear rate 5*10 ² s ⁻¹)	Pa x s	0,03-0,15	0,02-0,15
viscosità dinamica 160°C (cilindri coassiali S21 20rpm)			
SECONDA PARTE - valori dopo RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test)			
incremento del punto di rammollimento	°C	≤ 9	≤ 9
penetrazione residua	%	≥40	≥50

I leganti bituminosi per essere ritenuti **idonei e quindi impiegabili**, dovranno essere dotati obbligatoriamente di marcatura CE, i requisiti **obbligatori** richiesti sono:

	Es. marcatura CE
N° di identificazione dell'ente notificato	
SOCIETA' 09 n.certificato	
EN 12591:09 Bitume per applicazioni stradali: 50/70 Penetrazione a 25°C (UNI EN 1426)... . 50-70 x 0,1 mm Punto di rammollimento (UNI EN 1427) ...46-54 °C	

- Penetrazione a 25°C
- Punto di rammollimento

Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nel presente Capitolato (oltre alle altre non facenti parte della marcatura CE ma contenute nelle presenti Norme Tecniche).

7.1.2 BITUMI MODIFICATI

I bitumi di base di tipo 70-100 potranno essere modificati in raffineria o tramite lavorazioni successive mediante l'aggiunta di polimeri (elastomeri e loro combinazioni) effettuata con idonei dispositivi di miscelazione al fine di ottenere migliori prestazioni dalle miscele in modo hard HD (modifica forte) con le caratteristiche riportate nella tabella 7.B.

TABELLA 7.B - BITUMI MODIFICATI CON AGGIUNTA DI POLIMERI		
caratteristiche	U.M.	Hard 4%-6% HD (°)
penetrazione a 25° C	dmm	50-70
punto di rammollimento	° C	70-90
punto di rottura Fraass	° C	≤ -12
ritorno elastico a 25° C	%	≥ 80
viscosità dinamica 160°C (Shear rate 5*10 ² s ⁻¹)	Pa x s	0,15-0,55
viscosità dinamica 160°C (cilindri coassiali S21 20rpm)		
Stabilità allo stoccaggio tube test	°C	≤ 3 ^(°)
valori dopo RTFOT - Rolling Thin Film Oven Test		
penetrazione residua a 25° C	%	≥ 40
Incremento del punto di rammollimento	° C	≤ 5

(°) le percentuali indicate si riferiscono alla quantità di polimero impiegata

(°°) entrambi i valori del punto di rammollimento ottenuti per il tube test non devono differire dal valore di rammollimento di riferimento di più di 5°C

Il bitume modificato Hard può anche essere utilizzato per realizzare mani d'attacco da applicare tra base, basebinder, binder e usure di qualsiasi tipologia. Esso deve possedere le caratteristiche riportate nella tabella 7.C sottostante.

TABELLA 7.C - BITUMI MODIFICATI PER MANI D'ATTACCO		
<i>BITUME HARD</i>		
caratteristiche	U.M.	valori
penetrazione a 25° C	dmm	50-70
punto di rammollimento	° C	60-90
punto di rottura Fraass	° C	≤ -10
viscosità dinamica a 160° C (Shear rate 5*10 ² s ⁻¹)	Pa x s	0,10-0,55

I leganti bituminosi modificati per essere ritenuti **idonei e quindi impiegabili**, dovranno essere dotati obbligatoriamente di marcatura CE.

I requisiti **obbligatori** richiesti sono:

- Penetrazione a 25°C
- Punto di rammollimento
- Ritorno elastico a 25°C

Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nel presente Capitolato (oltre alle altre non facenti parte della marcatura CE ma contenute nelle presenti Norme Tecniche).

	Es. marcatura CE
N° di identificazione dell'ente notificato	
SOCIETA' 10 n.certificato	
EN 14023:10 Bitume modificati con polimeri per applicazioni stradali: 25-55/70 Penetrazione a 25°C (UNI EN 1426).....25-55 x 0,1 mm Punto di rammollimento (UNI EN 1427)≥70°C Ritorno elastico a 25°C (UNI EN 13398).....≥70%	

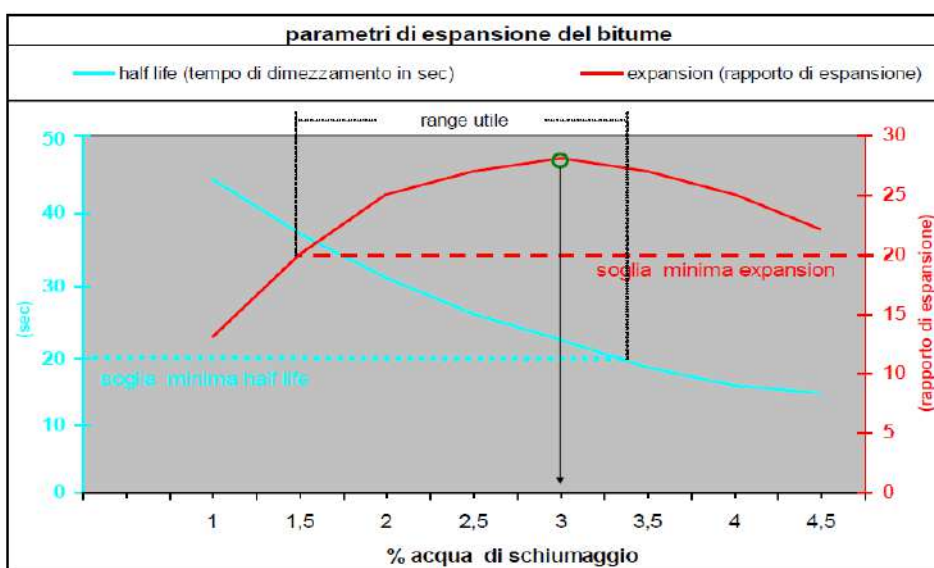
7.1.3 BITUME PER LAVORI DI RICICLAGGIO A FREDDO MEDIANTE TECNICA DELLO SCHIUMATO

Per utilizzare la tecnologia del riciclaggio a freddo mediante bitume schiumato si dovrà usare un legante TQ adatto alla "schiumatura"; con le seguenti caratteristiche:

Palla e anello (°C)	40-60	-
Penetrazione (dmm)	80-100	-
Rapporto di espansione	> 20	Rapporto tra volume schiuma e volume liquido
Tempo di dimezzamento (half life) - sec	> 15	Tempo per dimezzare il volume di schiuma
Velocità di espansione - sec	< 5	Tempo per arrivare al massimo volume

La “velocità di espansione” è il tempo necessario al bitume per raggiungere il massimo volume di schiumaggio alla prescelta quantità di acqua a partire dalla fine della fase di spruzzaggio. Ai fini della scelta della percentuale di acqua ottima (acqua di schiumaggio), nel range di accettabilità, è da preferire il valore che produce il max volume di schiumaggio, ferma restando la condizione di non superare mai il 4,5 % di acqua.

NB: le curve della figura sono esemplificative e non prescrittive



7.2 EMULSIONI BITUMINOSE

7.2.1 EMULSIONI BITUMINOSE (CATIONICHE NON MODIFICATE) PER MANO DI ATTACCO

Per mano di attacco si intende una emulsione bituminosa applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato, avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia.


La mano d'attacco può essere realizzata con emulsioni bituminose cationiche non modificate solo tra base e basebinder, binder e usure chiuse nel caso si tratti di conglomerati realizzati con bitume tal quale. In tutti gli altri casi, fatta eccezione per le usure aperte, per le quali deve essere utilizzato bitume modificato hard, si usa bitume o emulsione affine con i conglomerati da realizzare.

TABELLA 7.D - EMULSIONI BITUMINOSE (cationiche non modificate) per mano di attacco			
caratteristiche	unità di misura	Emulsioni a rapida rottura	Emulsioni a media velocità di rottura
contenuto d'acqua	% in peso	≤40	≤45
contenuto di bitume	% in peso	≥ 60	≥ 55
grado di acidità (pH)		2-5	2-5

polarità delle particelle		positiva (cationiche) o negativa (anioniche)	
caratteristiche del bitume estratto			
penetrazione a 25° C	dmm	50-120	100-150
punto di rammollimento	° C	≥ 40	≥ 40
punto di rottura Fraass	° C	≤ -8	≤ -8

Le emulsioni cationiche bituminose per essere ritenuti **idonei e quindi impiegabili**, dovranno essere dotate obbligatoriamente di marcatura CE.

I requisiti **obbligatori** richiesti sono:

	Es. marcatura CE
N° di identificazione dell'ente notificato	
SOCIETA' 13 n.certificato	
Emulsioni cationiche bituminose per applicazioni stradali: C69 B 2 pH (UNI EN 12850).....2-5 Contenuto di bitume (UNI EN 1428).....67-71% Polarità particelle bitume (UNI EN 1430).....positiva <i>CARATTERISTICHE DEL LEGANTE:</i> Penetrazione a 25°C (UNI EN 1426)..... ≤(150) x 0,1 mm Punto di rammollimento (UNI EN 1427).....≥43 °C	

- PH
- Contenuto di acqua
- Polarità particelle bitume

Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nel presente Capitolato (oltre alle altre non facenti parte della marcatura CE ma contenute nelle presenti Norme Tecniche).

7.2.2 EMULSIONI BITUMINOSE (CATIONICHE NON MODIFICATE) PER MANO DI ANCORAGGIO (C55B4)

Per mano di ancoraggio si intende una emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità, applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale e, al contempo, fornendo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa a rottura lenta con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C55B4) rispondente alle specifiche indicate nella tabella sottostante, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,3 kg/m².

EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 4					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Polarità	UNI EN 1430	-		Positiva	2
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	-	%	55+/-1	4
Contenuto di legante (bitume+flussante)	UNI EN 1431	r	%	> 53	4
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	< 3	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 12850	BV		110 - 195	4

7.2.3 EMULSIONI BITUMINOSE (CATIONICHE NON MODIFICATE) SOVRASTABILIZZATE (C60B10)

Le emulsioni bituminose di bitume distillato (non modificato) sovrastabilizzate sono emulsioni cationiche a rottura molto lenta (non rompono immediatamente a contatto con il cemento) con il 60% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C60B10) rispondente alle specifiche indicate nella tabella sottostante.

Le emulsioni sovrastabilizzate vengono impiegate per la realizzazione di strati di fondazione legate o non legate stabilizzati con cemento ed emulsione bituminosa. Le stesse emulsioni devono essere impiegate a protezione di strati finiti di miscele stabilizzate con cemento, con calce e cemento, con cemento e bitume schiumato, con cemento ed emulsione bituminosa e a protezione del misto cementato.

Tali emulsioni devono avere le caratteristiche riportate nella tabella sottostante.

EMULSIONE BITUMINOSA C 60 B10					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	W	%	40+/-1	6
Contenuto di legante (bitume+flussante)	UNI EN 1431	-	%	> 59	6
Omogeneità	UNI EN 1429	-	%	≤ 0,2	
Sedimentazione a 7gg.	UNI EN 12847	ST	%	≤ 10	3
pH (grado di acidità)	UNI EN 12850	pH		2÷4	
Miscelazione con legante idraulico	UNI EN 12848	-	%	< 2	10
Caratteristiche bitume estratto	UNI EN 1431				
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	P	0,1mm	50 - 100	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	T	°C	35 - 56	8
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	T	°C	< -8	6

7.2.4 EMULSIONI BITUMINOSE MODIFICATE PER MANO DI ATTACCO (C69BP3)

La mano d'attacco può anche essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica oppure, come già introdotto nel paragrafo 7.1.2, con bitume modificato con polimeri steso a caldo nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione, per unità di superficie.

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano

d'attacco devono essere asportati mediante moto spazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio di emulsione bituminosa o del bitume spruzzato a caldo e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretta eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o del bitume modificato con polimeri spruzzato a caldo, deve essere pari a 0,40 kg/m² nel caso di stesa della base su pavimentazione precedentemente fresata, di 0,35 kg/m² nel caso di ricarica (stesa di base su pavimentazione preesistente), di 0,30 kg/m² nel caso di interfaccia tra due strati di base stesi separatamente (base stesa in due passate).

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di bitume residuo modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella tabella sottostante.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate nella tabella 7.C riportata nell'art. 7.1.2.

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
Residuo bituminoso (per evaporazione)					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	RE	%	≥ 75	4

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
Coesione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	-	J/cm2	≥ 2.0	6

7.2.5 EMULSIONI BITUMINOSE MODIFICATE E SOVRASTABILIZZATE PER STRATI DI BASE RICICLATE A FREDDO (C60BP10)

L'emulsione per strati di base riciclate a freddo deve essere un'emulsione cationica sovra stabilizzata a rottura lenta (non devono rompere immediatamente a contatto con il cemento) con il 60% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C60BP10) rispondente alle specifiche indicate nella tabella sottostante.

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO C60BP10					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	W	%	40+/-1	-
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	r	%	60+/-1	6
Contenuto flussante	UNI EN 1431	-	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
pH (grado di acidità)	UNI EN 12850	pH		2 – 4	-
Miscelazione con cemento	UNI EN 12848		%	< 2	10
Residuo bituminoso (per evaporazione)					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	> 60	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -13	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	RE	%	≥50	5

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

7.3 ADDITIVI RIGENERANTI/FLUIDIFICANTI

Gli additivi rigeneranti/fluidificanti sono composti chimici da utilizzare sempre nelle lavorazioni in cui si reimpiegano materiali fresati nella produzione di conglomerati bituminosi a caldo.

Essi devono avere caratteristiche tali da modificare e migliorare le proprietà di adesione, suscettibilità termica, coesione, viscosità e resistenza all'invecchiamento del legante totale (vecchio + nuovo).

Il dosaggio sarà indicativamente dello 0,2%-0,8% in peso rispetto al legante totale, secondo indicazioni della DL ed in accordo con i Laboratori accreditati o con il CSS; a seconda dell'impiego l'additivo può essere disperso nell'acqua o nel legante di aggiunta (bitume od emulsione). Può anche essere aggiunto nel fresato, durante la fresatura, nel caso di impiego diretto.

I prodotti devono essere approvati dalla DL sulla base di specifiche prove eseguite dai Laboratori accreditati valutandone il dosaggio e l'efficacia, eventualmente con metodologie concordate e/o definite da CSS per la relativa accettazione.

Inoltre i prodotti devono essere accompagnati dalle schede tecniche che ne indicano caratteristiche, sicurezza e modalità di impiego, che potranno essere verificati anche con appositi test di cantiere.

Per la verifica delle effettive quantità impiegate, vanno fornite in copia alla DL le bolle di consegna.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo possono essere utilizzati bitumi appositamente formulati specifici per il riciclaggio del conglomerato.

7.4 ATTIVANTI DI ADESIONE (DOPES, DP)

Gli attivanti di adesione hanno la funzione di aumentare l'adesione inerte/bitume.

Gli attivanti di adesione debbono essere impiegati nel caso si utilizzino aggregati ad elevato tenore in silice come quarziti, graniti ecc (per esempio porfido).

In generale gli attivanti di adesione danno vantaggi anche nel caso di lavorazioni eseguite in condizioni meteorologiche non favorevoli, con aggregati umidi, per pavimentazioni esposte a condizioni severe (temperature basse, frequente spargimento di sali fondenti ecc.).

Indicativamente si impiegano in ragione di 0,3 - 0,6 % in peso sul bitume a seconda della natura mineralogica dell'inerte, delle caratteristiche del legante (viscosità) e della miscela da realizzare.

In linea generale vanno aumentati per miscele aperte e/o bitumi a bassa viscosità e viceversa.

Gli attivanti devono essere dispersi nel bitume.

I prodotti devono essere approvati dalla DL sulla base di specifiche prove eseguite dai Laboratori accreditati valutandone il dosaggio e l'efficacia, eventualmente con metodologie concordate e/o definite da CSS per la relativa accettazione.

Inoltre i prodotti devono essere accompagnati dalle schede tecniche che ne indicano caratteristiche, sicurezza e modalità di impiego, che potranno essere verificati anche con appositi test di cantiere.

Per la verifica delle effettive quantità impiegate, vanno fornite in copia alla DL le bolle di consegna.

La sensibilità all'acqua del conglomerato bituminoso di usura va dichiarata nello studio della miscela e nella DoP.

La verifica alla sensibilità all'acqua, a discrezione della DL, sarà eseguita secondo la UNI EN 12697-12.

7.5 FIBRE PER IL RINFORZO STRUTTURALE DEL BITUME (FB)

Sono prodotti che migliorano le caratteristiche strutturali del conglomerato bituminoso, aumentando i valori di resistenza a trazione e le caratteristiche di fatica, diminuendo la suscettibilità termica.

Possono essere impiegate per conglomerati bituminosi con % di vuoti > 15% (a n° giri medio N2 alla giratoria) per aumentarne la stabilità nel tempo.

Danno inoltre vantaggi sulle lavorazioni aumentando lo spessore della pellicola del legante e diminuendo problemi di colaggio del bitume, soprattutto in stagioni calde e per cantieri lontani dagli impianti.

L'elemento fibroso rinforzante può essere di natura minerale (vetro) o sintetica (fibre acriliche); si possono usare soluzioni miste tramite l'aggiunta di prodotti cellulosici o anche polimerici (es polietilene ecc).

In ogni caso le fibre o la loro miscela dovranno essere in formato tale da impedire la dispersione in aria delle parti volatili durante la movimentazione e tutto l'arco temporale dell'impiego (ad es. pellets realizzati con elementi agglomeranti tipo cellulosa).

L'elemento rinforzante principale deve essere contenuto almeno al 70%, mentre le percentuali di impiego della fibra o delle sue miscele sono indicativamente 0,05% - 0,5% in peso sugli aggregati a seconda della tipologia di fibra impiegata o della presenza o meno delle miscele.

L'impiego delle fibre richiede l'utilizzo di macchinari per la corretta dosatura, disgregazione e dispersione nel conglomerato, oltreché per evitare fenomeni di dispersione in aria.

Le fibre o le loro miscele dovranno avere caratteristiche tali da disperdersi in modo capillare nel conglomerato.

Le dimensioni (diametro e lunghezza) delle fibre o delle loro miscele, dovranno essere tali da non risultare pericolose per inalazione e in generale non pericolose per il personale operante.

Le fibre rinforzanti, devono avere le seguenti caratteristiche geometriche e meccaniche:

Tabella fibre rinforzanti

Lunghezza (μm)	200 – 6000
Diametro (μm)	8 - 20
Resistenza alla trazione (GPa)	1,5 - 3
Allungamento massimo (%)	1 - 3
Punto di fusione ($^{\circ}\text{C}$)	> 300 $^{\circ}\text{C}$

La validità delle fibre o delle loro miscele, dovrà esser verificata con le prove prestazionali del legante completo, ottenuto operando con le miscele drenanti standard di riferimento approvate dal CSS realizzando provini con e senza fibre valutandone l'efficacia in termini di resistenze a trazione diametrale.

Tutti i prodotti devono essere approvati sulla base di specifiche prove eseguite dai Laboratori accreditati se non già preventivamente approvati dal CSS e devono essere accompagnati da scheda tecnica e di sicurezza.

7.6 TABELLA SINOTTICA DEI MATERIALI LEGANTI E LORO ADDITIVI

Le lavorazioni previste devono essere eseguite impiegando i leganti bituminosi adeguati:

Lavorazioni	Leganti			Additivi		
	TQ	HD		rigenerante	DP	
Usure A e B (D.01.021, D.01.024, D.01.027)	TQ	HD		rigenerante	DP	
Usura B con compound polimerici (D.01.023)	TQ			rigenerante	DP	
Usura A con compound polimerici (D.01.028)	TQ			rigenerante	DP	
Usura drenante (D.01.036)		HD			DP	FB
Usura tipo dense graded confezionata a tiepido (D.01.039)	TQ				DP	
Usura a bassa emissione sonora (D.01.040)		HD		rigenerante	DP	
Usura con scorie d'acciaieria (D.01.042)		HD		rigenerante	DP	
Microtappeto di usura (D.01.048)			C60BP10			
Rappezzi localizzati (D.01.050)	TQ	HD		rigenerante	DP	
Pavimentazione di marciapiedi (D.01.047)	TQ					
Binder (D.01.017)	TQ	HD		rigenerante	DP	

Lavorazioni	Leganti			Additivi		
	TQ	HD		rigenerante	DP	
Binder con compound polimerici (D.01.019)	TQ			rigenerante	DP	
Base (D.01.005)	TQ	HD		rigenerante	DP	
Base con compound polimerici (D.01.006)	TQ			rigenerante	DP	
Basebinder (D.01.011)	TQ	HD		rigenerante	DP	
Basebinder con compound polimerici (D.01.013)	TQ			rigenerante	DP	
Risagomature (D.01.008)	TQ	HD		rigenerante	DP	
Risagomature con compound polimerici (D.01.007)	TQ			rigenerante	DP	
Riciclaggio a freddo di strato di base con emulsione (D.01.010)			C60BP10	rigenerante		
Riciclaggio con bitume schiumato in sito (D.01.004.a)	TQ			rigenerante		
Riciclaggio a freddo di fondazione stradale con emulsione in sito (D.01.004.b)			C60B10	rigenerante		

Additivi rigeneranti/fluidificanti, DP e FB vanno utilizzati su indicazioni della DL.

7.7 TABELLA SINOTTICA DELLE MANI D'ATTACCO/ANCORAGGIO

Le lavorazioni previste devono essere eseguite applicando al di sopra degli strati compattati le mani d'attacco/ancoraggio adeguate come indicato nella tabella sottostante:

Lavorazioni	Mano d'attacco/ancoraggio					
	HD	Emulsione non modificata	C69BP3			
Binder*	HD	Emulsione non modificata	C69BP3			
Base*	HD	Emulsione non modificata	C69BP3			
Basebinder*	HD	Emulsione non modificata	C69BP3			
Risagomature	HD	Emulsione non modificata	C69BP3			
Riciclaggio a freddo di strato di base con emulsione in sito				C60BP10		
Riciclaggio a freddo di strato di base con emulsione in impianto				C60BP10		
Riciclaggio con bitume schiumato in sito					C60B10	
Riciclaggio a freddo di fondazione stradale con emulsione in sito					C60B10	

Lavorazioni	Mano d'attacco/ancoraggio				
Misto cementato					C60B10
Misto granulare					C55B4

*Qualora l'usura da stendere al di sopra dello strato di binder sia di tipo aperto e nello specifico caso dei risanamenti superficiali, la mano d'attacco da applicare dovrà essere necessariamente realizzata con bitume modificato Hard (Vedi art. 7.1.2)

7.8 NORMATIVE PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI LEGANTI BITUMINOSI DI CUI AI PUNTI PRECEDENTI

Bitumi semisolidi

Penetrazione	Normativa UNI EN 1426
Punto di rammollimento	Normativa UNI EN 1427
Punto di rottura Fraass	Normativa UNI EN 12593
Ritorno elastico	Normativa UNI EN 13398
Stabilità allo stoccaggio tube test	Normativa UNI EN 13399
Viscosità dinamica (metodo cono-piatto)	Normativa UNI EN 13702
Viscosità dinamica (cilindri coassiali)	Normativa UNI EN 13302
Perdita per riscaldamento in strato sottile (RTFOT)	Normativa UNI EN 12607-1

Emulsioni bituminose

Contenuto di bitume (residuo per distillazione)	Normativa UNI EN 1431
Contenuto d'acqua	Normativa UNI EN 1428
Grado di acidità	Normativa UNI EN 12850
Polarità delle particelle	Normativa UNI EN 1430
Recupero del legante	Normativa UNI EN 13074
Sedimentazione	Normativa UNI EN 12847

8 CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO

8.1 CONGLOMERATI BITUMINOSI DI BASE, BASEBINDER, BINDER, USURA

Queste miscele possono essere impiegate per tutte le tipologie di lavorazione, **Manutenzione Ordinaria (MO)**, **Manutenzione Straordinaria (MS)** e **Nuove Costruzioni (NC)**, con l'eccezione della Base che dovrebbe essere impiegata per MO solo in casi di lavorazioni di piccole entità ed improrogabili.

8.1.1 DESCRIZIONE

Il conglomerato è costituito da una miscela di aggregati lapidei naturali (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi), e/o in parte artificiali (argilla espansa, granella di fonderia, etc...), e/o in parte riciclati (provenienti da conglomerato bituminoso di recupero) impastata a caldo con bitume semi-solido di cui all'art. 7.1 di seguito denominato "Bitume", in impianti di tipo fisso automatizzati. Il conglomerato per i vari strati (base, basebinder, binder, usura) è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato. Ai fini del loro impiego i conglomerati bituminosi dovranno avere marcatura CE relativamente alle grandezze indicate in premessa.

8.1.2 BITUME

Si richiamano espressamente le norme di cui all'art. 8, i conglomerati di base, basebinder, binder e usura potranno essere realizzati con bitumi di base oppure con bitumi modificati.

8.1.3 AGGREGATI LAPIDEI

Gli aggregati lapidei dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei secondo le norme UNI EN 13043; gli elementi litoidi non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

La miscela degli aggregati è costituita dall'insieme degli aggregati grossi e dagli aggregati fini ed eventuali additivi (filler) secondo la definizione delle norme UNI EN 13108-1.

Ai fini dell'impiego è obbligatoria l'attestazione di conformità (CE) da parte del produttore relativamente (almeno) ai requisiti richiesti

8.1.4 AGGREGATO GROSSO (PEZZATURE DA 4 A 31,5 MM)

L'aggregato grosso sarà costituito da frantumati, ghiaie, ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa, purché alle prove di seguito elencate eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare risponda ai seguenti requisiti:

8.1.4.1 STRATO DI BASE

Nella miscela di questo strato dovranno essere impiegati aggregati lapidei frantumati (privi di facce tonde) in percentuale superiore al 70% in peso. La perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo la Norma UNI EN 1097-2 dovrà essere inferiore o uguale al 25%.

Il coefficiente di appiattimento, determinato in accordo con la UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15.

8.1.4.2 STRATO DI BASEBINDER

Nella miscela di questo strato dovranno essere impiegati aggregati lapidei frantumati (privi di facce tonde) in percentuale superiore al 80% in peso. La perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo la Norma UNI EN 1097-2 dovrà essere inferiore o uguale al 25%.

Il coefficiente di appiattimento, determinato in accordo con la UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15.

8.1.4.3 STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)

Per questo strato dovranno essere impiegati esclusivamente aggregati lapidei frantumati (privi di facce tonde), con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (secondo la Norma UNI EN 1097-2) inferiore o uguale al 25%.

Il coefficiente di appiattimento, determinato in accordo con la UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15.

8.1.4.4 STRATO DI USURA

Dovranno essere impiegati frantumati di cava con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole classi granulometriche (secondo la Norma UNI EN 1097-2) inferiore o uguale a 20% ovvero, in percentuali ridotte, aggregati artificiali (argilla espansa, scorie di altoforno ecc.), in questo caso sarà la DL a decidere, di volta in volta, l'idoneità dei materiali e le percentuali di impiego.

Poiché tali materiali possono avere pesi di volume notevolmente diversi dagli aggregati lapidei usuali, nella formulazione della granulometria degli aggregati e della percentuale di bitume si devono apportare adeguate correzioni per tenere conto delle diverse masse volumiche.

Gli aggregati dovranno poi rispondere ai seguenti requisiti:

- coefficiente di appiattimento minore o uguale a 15% (UNI EN 933-3); resistenza alla levigabilità PSV (Polished Stone Value) maggiore o uguale a 44 (UNI EN 1097-8);

resistenza al gelo/disgelo minore o uguale all' 1% (UNI EN 1367-1). E' facoltà di ANAS accettare l'impiego di aggregati "alluvionali", cioè provenienti da frantumazione di rocce tondeggianti; in questo caso (fermo restando i requisiti richiesti), la percentuale di impiego di questi ultimi, sul totale degli aggregati, non deve essere superiore al 50%.

Gli aggregati alluvionali dovranno provenire dalla frantumazione di elementi sufficientemente grandi da essere formati da elementi completamente frantumati (privi di facce tonde) in percentuale (in peso) $\geq 80\%$; la restante parte non dovrà essere mai completamente tonda.

È inoltre facoltà di ANAS S.p.A. non accettare materiali che in precedenti esperienze abbiano provocato nel conglomerato finito inconvenienti (es.: rapidi decadimenti del CAT, scadente omogeneità nell'impasto per la loro insufficiente affinità con il bitume, ecc.) anche se rispondenti ai limiti sopra indicati.

8.1.5 AGGREGATO FINO (PEZZATURE INFERIORI A 4 MM)

L'aggregato fino di tutte le miscele sarà costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione.

L'equivalente in sabbia determinato secondo la UNI EN 933-8 dovrà essere superiore od uguale a 75, nel caso di impiego in strati di usura, ovvero superiore o uguale a 60 negli altri casi.

8.1.6 ADDITIVI

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova UNI EN 933-10 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:
 - setaccio UNI 2 mm passante in peso 100%
 - setaccio UNI n. 0,125 passante in peso 85 - 100%
 - setaccio UNI n. 0,063 passante in peso 70 - 100%
- indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12): NP
- palla e anello (filler/bitume=1.5) (UNI EN 13179-1): $\Delta_{R\&B} > 5\%$

8.1.7 MISCELE

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica determinata in conformità con la UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2 utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base+2 e compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso della miscela, compresa tra i sottoindicati intervalli per i diversi tipi di conglomerato.

8.1.7.1 BASE CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE

- D.01.005 "conglomerato bituminoso per strato di Base"

Apertura setacci UNI	passante totale in peso %
Setaccio 31.5	100
setaccio 20	68-88
setaccio 16	55-78
setaccio 8	36-60

Apertura setacci UNI	passante totale in peso %
setaccio 4	25-48
Setaccio 2	18-38
Setaccio 0,5	8-21
setaccio 0,25	5-16
setaccio 0,063	4-8

Bitume, riferito alla miscela, 3,8%-5,2% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 8 e 15 cm.

8.1.7.2 BASEBINDER CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE

- D.01.011 "strato di Basebinder"

Apertura setacci UNI	passante totale in peso %
Setaccio 31.5	100
setaccio 20	78-100
setaccio 16	66-86
setaccio 8	42-62
setaccio 4	30-50
Setaccio 2	20-38
Setaccio 0,5	8-21
setaccio 0,25	5-16
setaccio 0,063	4-8

Bitume, riferito alla miscela, 4,0%-5,3% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 7 e 12 cm.

8.1.7.3 BINDER CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE

- D.01.017 "conglomerato bituminoso per strato di collegamento (binder)"

Apertura setacci UNI	passante totale in peso %
setaccio 20	100
setaccio 16	90-100
setaccio 12,5	66-86
setaccio 8	52-72
setaccio 4	34-54
Setaccio 2	25-40
Setaccio 0,5	10-22
setaccio 0,25	6-16
setaccio 0,063	4-8

Bitume, riferito alla miscela, 4,1%-5,5% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 4 e 8 cm.

8.1.7.4 USURA TIPO "A" E "B" CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE

Tipo "A"

- D.01.024 "strato di usura tipo A (4-6cm)"

Tipo "B"

- D.01.021 "strato di usura tipo B "

Apertura setacci UNI	passante totale in peso %	
	FUSO A	FUSO B
setaccio 16	100	-
setaccio 12,5	90-100	100
setaccio 8	70-88	90-100
setaccio 4	40-58	44-64
Setaccio 2	25-38	28-42
Setaccio 0,5	10-20	12-24
setaccio 0,25	8-16	8-18
setaccio 0,063	6-10	6-10

Bitume, riferito alla miscela, 4,5%-6,1% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 4 e 6 cm per l'usura tipo A e 3 cm per il tipo B.

La DL si riserva la facoltà di decidere di volta in volta quale sarà il fuso di riferimento da adottare.

8.1.7.5 USURA A CON ARGILLA ESPANSA CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE

- **D.01.027** "strato di usura tipo A (4-6 cm) con impiego di argilla espansa"

Ai fini di realizzare tratti con elevate caratteristiche di resistenza alla "lucidatura" è possibile impiegare nella miscela di usura "A" l'inerte artificiale argilla espansa; inoltre è possibile l'impiego di tale materiale in aree dove mancano aggregati di adeguate prestazioni per la realizzazione delle miscele superficiali.

Gli aggregati dovranno avere resistenza alla levigabilità $PSV \geq 40$.

Per la realizzazione della usura A con argilla espansa valgono le stesse prescrizioni valide per l'usura tipo A con l'aggiunta delle seguenti condizioni per l'argilla espansa:

- l'argilla espansa dovrà essere di tipo resistente o strutturale con pezzatura 4/10mm
- la resistenza dei granuli allo schiacciamento $\geq 27 \text{ daN/cm}^2$
- l'argilla dovrà essere impiegata in percentuali comprese tra 10 e 12 % in peso sulla miscela degli aggregati

La percentuale di bitume riferita alla miscela, deve essere compresa tra 5,4% e 6,8%.

Ai fini della lavorazione l'argilla espansa dovrà essere stoccata in cantiere in idonei siti per evitare che venga a contatto con pioggia o acqua in generale.

L'impiego di argilla espansa può essere esteso anche al binder con le stesse caratteristiche e modalità di impiego.

L'impiego della miscela di binder alleggerita (insieme all'usura) può essere prevista nel caso si voglia ridurre il peso proprio dell'impalcato nel caso di uso sui ponti o viadotti, consentendo imbottiture, impiego di barriere più pesanti, ampliamenti ecc.

8.1.7.6 CONGLOMERATI BITUMINOSI MIGLIORATI MEDIANTE L'ADDITIVAZIONE DI COMPOUND POLIMERICI

- **D.01.006** "conglomerato migliorato mediante l'additivazione di compound polimerici per strato di base"
- **D.01.013** "conglomerato migliorato mediante l'additivazione di compound polimerici per strato basebinder"

- **D.01.019** "conglomerato migliorato mediante l'additivazione di compound polimerici per strato di collegamento (binder)"
- **D.01.023** "conglomerato migliorato mediante l'additivazione di compound polimerici per strato di usura tipo B"
- **D.01.028** "conglomerato migliorato mediante l'additivazione di compound polimerici per strato di usura tipo A (4-6 cm)"

Ai fini di elevare la resistenza meccanica (cioè la capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli) e la vita utile dei conglomerati bituminosi chiusi con bitume Tal Quale 50/70 (tab 7.A) è possibile prevedere l'utilizzo di compound polimerici nelle miscele, appositamente studiati per tali scopi.

Tali prodotti, di norma, sono impiegati per lavorazioni su strade soggette a carichi pesanti o dove risulta difficoltoso reperire bitumi modificati.

Le formulazioni delle miscele in riferimento alla percentuale di legante, aggregati, curva granulometrica restano le medesime dei conglomerati tradizionali descritti nei paragrafi precedenti, così come le modalità di messa in opera.

La percentuale di impiego del compound dovrà essere compresa nell'intervallo 3%-5% rispetto al peso del bitume, e lo stesso dovrà essere aggiunto direttamente nel mescolatore dell'impianto con l'utilizzo di una macchina pneumatica dosatrice dotata di bilancia e controllo delle quantità immesse.

Inoltre la quantità di impiego del compound dovrà essere dinamicamente correlata alla quantità di bitume immesso mediante l'interfacciamento della macchina dosatrice con l'impianto di produzione.

L'immissione deve avvenire subito dopo lo scarico degli aggregati e prima del bitume.

Il fornitore del compound dovrà assicurare la necessaria assistenza ai fini di garantire la giusta modalità di applicazione in impianto e durante la stesa del prodotto stesso.

Poiché la funzione principale di questa tipologia di prodotti è quella di aumentare la rigidità e la vita utile dei conglomerati, è estremamente importante effettuare gli studi di prequalifica per determinare i corretti dosaggi in funzione delle prestazioni da ottenere.

Ai fini della verificare le caratteristiche volumetriche e meccaniche dovranno essere realizzati provini con pressa giratoria con i seguenti parametri di prova:

	Usura A e B	Binder	Base e basebinder
Pressione verticale kPa	600 ± 3		
Angolo di rotazione	1,25 ± 0,02		
Velocità di rotazione (giri/min)	30		
Diametro provino (mm)	100	100	150
Numero di giri totali (N3)	210	180	180

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale); il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	Usura A e B	Binder, Basebinder, Base	% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
N1	10	10	11-15
N2	120	100	3-6
N3	210	180	>2

Le miscele risultanti dallo studio/verifica mediante giratoria (compattate a N3) dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C e 40 °C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

	T = 25°C	T = 40°C
Trazione indiretta		
Rt (GPa x 10 ⁻³)	0,90 - 2,2	0,55 - 1,00
CTI (GPa x 10 ⁻³)	≥ 90	≥ 55

In aggiunta ai controlli tradizionali in opera vanno eseguite sui carotaggi anche le prove di modulo di rigidezza (UNI EN 12697-26 Annesso C) che dovranno rispettare i seguenti requisiti:

Modulo di rigidezza (MPa)	Usura A e B, Binder, Basebinder, Base
Temperatura di prova 20 °C	3000 - 8000
Temperatura di prova 40 °C	500 - 1000

(*) I provini ricavati dalle carote dovranno avere spessori compresi tra 30 mm e 75 mm

Caratteristiche dei polimeri impiegabili

L'impiego di tali prodotti dovrà essere approvato dalla DL, inoltre tali prodotti devono essere accompagnati da scheda di sicurezza e scheda tecnica (redatta secondo le indicazioni riportate nel CSA) dove sono indicate caratteristiche, modalità di impiego e provenienza.

Il compound dovrà essere formato da granuli semisolidi a basso peso molecolare dalle seguenti caratteristiche:

Compound polimerico			
caratteristiche	norma	unità di misura	valori
Composizione (polimero sia vergine che riciclato)	ISO 11357 (analisi DSC) e 11348 (analisi TGA)	% in peso	Polipropilene (PP) 60÷70 Polietilene (LDPE e HDPE) 16÷30
Aspetto	-	-	Granuli di forma omogenea
Odore	-	-	inodore
Dimensioni	-	mm	2 - 4
Umidità	ISO 15512 (Karl Fischer)	%	< 1
Densità	ISO 1183-1 (metodo per immersione)	g/cm ³	0,70 - 1,34
Ceneri	UNI ISO 3451-1	%	10 - 14
Volatile matter	ASTM D5668 (1 ora a 120°C)	%	0,5 - 0,9
Indice di fluidità	ISO 1133	cc/10'	230°C / 2,16 Kg MVR: 10 - 40 190°C / 5 Kg MVR: 3,5 - 4,5
Indice di fluidità	ISO 1133	g/10'	230°C / 2,16 Kg MFR: 7,5 - 34,5 190°C / 5 Kg MFR: 3,2 - 4,2

Il fornitore deve consegnare documentazione (test di cessione, emissioni in atmosfera, ecc) attestante la sicurezza del prodotto che non dovrà rilasciare sostanze pericolose sia a caldo (per le temperature di stesa previste dal CSA) che a freddo (temperature di esercizio delle pavimentazioni);

- essere conforme al regolamento REACH;
- essere dotato di marchio "Plastica Seconda Vita" o analogo.

8.1.8 REQUISITI DI ACCETTAZIONE

I conglomerati dovranno avere ciascuno i requisiti descritti nei punti a cui si riferiscono.

Le miscele devono avere massime caratteristiche di resistenza a fatica, all'ormaiamento, ai fattori climatici e in generale ad azioni esterne.

Le miscele devono essere verificate mediante pressa giratoria con i seguenti parametri di prova:

Pressione verticale kPa	600 ± 3	
Angolo di rotazione	1,25 ± 0,02	
Velocità di rotazione (giri/min)	30	
Diametro provino (mm)	150	Per base e basebinder
Diametro provino (mm)	100	Per usura A ,B e binder

8.1.8.1 STRATO DI BASE E BASEBINDER

Elevata resistenza meccanica cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli e sufficiente flessibilità per poter seguire sotto gli stessi carichi qualunque eventuale assestamento del sottofondo anche a lunga scadenza.

I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia dalla miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale); il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	Base e basebinder		% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
	TQ	HD	
N1	10	10	11-15
N2	100	120	3-6
N3	180	200	≥ 2

Le miscele studiate in laboratorio e quelle prodotte in impianto e prelevate alla stesa, compattate mediante pressa giratoria a N3, dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

	Miscele con bitume TQ	Miscele con bitume HD
Rt (GPa x 10 ⁻³)	0,72 – 1,40*	0,95 – 1,70*
CTI (GPa x 10 ⁻³)	≥ 60	≥ 70

* Nei casi in cui la prova di trazione indiretta viene eseguita su miscele sfuse di conglomerato bituminoso prelevate in cantiere e successivamente riscaldate in laboratorio, il valore massimo di Rt è aumentato di 0,25.

8.1.8.2 STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)

Elevata resistenza meccanica cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli. I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia della miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale); il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	binder		% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
	TQ	HD	
N1	10	10	11-15
N2	100	120	3-6
N3	180	200	≥ 2

Le miscele studiate in laboratorio e quelle prodotte in impianto e prelevate alla stesa, compattate mediante pressa giratoria a N3, dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C. I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

	Miscele con bitume TQ	Miscele con e HD
Rt (GPa x 10 ⁻³)	0,72 – 1,40*	0,95 – 1,70*
CTI (GPa x 10 ⁻³)	≥ 60	≥ 70

* Nei casi in cui la prova di trazione indiretta viene eseguita su miscele sfuse di conglomerato bituminoso prelevate in cantiere e successivamente riscaldate in laboratorio, il valore massimo di Rt è aumentato di 0,25.

8.1.8.3 STRATO DI USURA

Elevata resistenza meccanica e rugosità superficiale.

I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia della miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale).

Il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	Usura A e B		% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
	TQ	HD	
N1	10	10	11-15
N2	120	140	3-6
N3	210	230	≥ 2

Le miscele studiate in laboratorio e quelle prodotte in impianto e prelevate alla stesa, compattate mediante pressa giratoria a N3, dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

	Miscele con bitume TQ	Miscele con bitume HD
Rt (GPa x 10 ⁻³)	0,72 - 1,40*	0,95 - 1,70*
CTI (GPa x 10 ⁻³)	≥ 60	≥ 70

* Nei casi in cui la prova di trazione indiretta viene eseguita su miscele sfuse di conglomerato bituminoso prelevate in cantiere e successivamente riscaldate in laboratorio, il valore massimo di Rt è aumentato di 0,25.

8.1.8.4 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE

Le seguenti attività di controllo, di tipo prescrittivo, si applicano sempre ai lavori di Manutenzione Ordinaria (MO), ai lavori di Manutenzione Straordinaria (MS) e Nuove Costruzioni (NC) secondo quanto indicato nella premessa e riportato nell'art. 11.1.

L'Impresa è poi tenuta a provvedere con congruo anticipo, rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, alla composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali si sono ricavate le ricette ottimali delle miscele (mix design).

Una volta accettata dalla DL la composizione granulometrica della curva di progetto proposta, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con esami giornalieri.

Le tolleranze ammesse relative alla granulometria risultante rispetto alla miscela ottimale approvata sono:

Aggregato grosso (trattenuto al setaccio 2mm)	5%
Aggregato fino (passante setaccio al 2mm e trattenuto al setaccio 0,063mm)	3%
Additivi Filler (passante al setaccio 0,063mm)	1,5%

Per la percentuale di bitume non sarà accettato uno scostamento da quella di progetto di $\pm 0,3\%$ e sempre contenuta nei limiti indicati per ciascuna miscela. Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate in stesa, all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

Dovranno essere effettuati i seguenti controlli:

- 1) la verifica granulometrica dei singoli aggregati prelevati in impianto;
- 2) la verifica della composizione del conglomerato andrà effettuata mediante estrazione del legante con ignizione o sistemi a solvente dalla quale verrà ricavata la granulometria e la percentuale di legante, prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o dietro finitrice;
- 3) sui prelievi di conglomerato andranno inoltre realizzati provini giratoria per in controllo della percentuale dei vuoti e delle resistenze diametrali che dovranno rispettare gli intervalli espressi (art. 8.1.8);
- 4) i controlli 2 e 3 saranno effettuati ogni 400 tonnellate per base e basebinder e ogni 200 tonnellate per binder e usura. Per piccole stese (<300mt) almeno n.1 prelievo a lavorazione per ciascuno strato. Inoltre con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli delle bilance, delle tarature dei termometri dell'impianto, la verifica delle caratteristiche del bitume, la verifica dell'umidità residua degli aggregati minerali all'uscita dell'essiccatore ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.

In particolare la verifica delle caratteristiche del **bitume** dovrà essere fatta almeno ogni 500 m³ di conglomerato (per ciascun strato) con prelievi a norma UNI EN 58 sulle cisterne di stoccaggio dell'impianto.

Per lavorazioni di estensione inferiori a 500mt è sufficiente un prelievo per strato

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la DL effettuerà a sua discrezione tutte le verifiche, prove e controlli che riterrà necessari atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

Ai fini della valutazione della aderenza, relativamente alle miscele Usura e Binder (se quest'ultimo è oggetto di aperture temporanee al traffico), nel caso l'intervento interessi tratte brevi o con particolari caratteristiche geometriche tali da non poter effettuare misure con mezzi ad alto rendimento,

la valutazione potrà essere effettuata mediante misura di attrito radente PTV con Skid Tester (UNI EN 13036-4) misurato tra il 60° e il 180° ° giorno di apertura al traffico.

Il valore PTV dovrà risultare ≥ 55 .

8.1.8.5 FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicurino una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle di progetto. La DL potrà approvare l'impiego di impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della mescolazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata all'ammanimento degli aggregati lapidei sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di mescolazione sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati lapidei con il legante.

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 160° e 180°C e quella del legante tra 150 e 180°C salvo diverse disposizioni della DL in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà superare lo 0,5% in peso.

8.1.8.6 POSA IN OPERA

Il piano di posa dovrà risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla DL in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La DL si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di due finitrici.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spruzzato con emulsione bituminosa per mano di attacco per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento, mentre sui giunti di inizio lavorazione si dovrà provvedere all'asporto dello strato sottostante mediante fresatura.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 10 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Nel caso la lavorazione interessi tratti in cui siano presenti giunti di dilatazione (giunti a tampone, acciaio gomma ecc) per viadotti o ponti, la lavorazione deve essere complanare (mediante fresatura e /o rimozione del conglomerato adiacente al giunto) per avere una superficie viabile con elevate caratteristiche di planarità.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

L'impianto di confezionamento del conglomerato dovrà essere collocato di norma entro un raggio di 70 chilometri dalla zona di stesa.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 160°C per conglomerati con bitume modificato e 140°C per conglomerati con bitumi normali.

La stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Gli strati eventualmente compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento di norma dovrà essere realizzato con rulli dei seguenti tipi:

- strato di base, basebinder e binder - rullo tandem vibrante più rullo gommato con almeno sette ruote e peso del rullo di 14 tonnellate, oppure rullo combinato ferro-gomma;
- strato di usura - rullo tandem vibrante con peso di almeno 10 tonnellate, oppure combinato ferro-gomma.

Potrà essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 10 tonnellate per le operazioni di rifinitura dei giunti e riprese.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4,00 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente; sarà tollerato uno scostamento di 5 mm. Inoltre l'accettazione della regolarità e delle altre caratteristiche superficiali del piano finito avverrà secondo quanto prescritto nell'art. 11. Per lo strato di base la miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla DL la rispondenza di questa ultima ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto granulare dovrà essere realizzata una mano di ancoraggio con emulsione a lenta rottura (vedi art. 7.2.2) coperta con sabbia fine o filler al fine di evitare l'asportazione da parte dei mezzi d'opera. L'eventuale materiale in eccesso non trattenuto dall'emulsione bituminosa deve essere rimosso prima della stesa del conglomerato bituminoso.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato per garantirne l'ancoraggio dovrà essere rimossa la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione bituminosa stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso.

Procedendo la stesa in doppio strato i due strati dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi dovrà essere eventualmente interposta una mano d'attacco di emulsione bituminosa o bitume preferibilmente modificato in ragione di 0,6-1,2 kg/m².

Nel caso di risanamenti superficiali l'uso del bitume modificato Hard come mano di attacco è d'obbligo.

Tra i vari strati deve comunque essere sempre prevista la mano di attacco.

8.1.8.7 CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO (FRESATO) – MODALITA' DI REIMPIEGO

In caso di utilizzo di materiale bituminoso di recupero (fresato), la classificazione del materiale andrà fatta secondo la UNI EN 13108/8.

I conglomerati bituminosi di recupero delle pavimentazioni, per brevità chiamati nel seguito "fresati", sono materiali provenienti da fresature dirette, a freddo, o da demolizioni a blocchi di pavimentazioni preesistenti sottoposte a successiva frantumazione. Essi possono essere utilizzati nei conglomerati bituminosi a caldo, nel riciclaggio a freddo oppure nella formazione dei rilevati fino a un massimo del 30% della miscela degli aggregati.

Il fresato non può essere impiegato negli strati di fondazione e sottofondazione in misto granulare (senza leganti aggiunti) e nei misti cementati.

L'impiego del fresato deve rispondere a quanto prescritto dal TU Ambientale 152/06 e successive integrazioni. In particolare, la messa in riserva e l'impiego di fresato per gli usi sopra descritti, al di fuori dei conglomerati bituminosi, è subordinato all'esecuzione del "test di cessione" sul rifiuto eseguito sul materiale tal quale, secondo il metodo riportato in allegato n° 3 al Decreto Ministeriale del Ministero dell'Ambiente n° 72 del 5 febbraio 1998 (Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del DL n° 22 del 5 febbraio 1997).

I materiali risultanti positivi o vengono inertizzati prima dell'uso (per lavaggio o per rivestimento con calce) o devono essere inviati a discarica autorizzata.

Ai fini del massimo reimpiego nelle miscele a caldo di conglomerati bituminosi fresati, si danno qui di seguito le indicazioni necessarie al corretto utilizzo.

Per gli strati di base basebinder e binder si possono usare fresati di qualsiasi provenienza, mentre per le miscele da impiegare negli strati di usura va usato solo fresato proveniente da strati di usura aperte o chiuse purché le caratteristiche dell'aggregato grosso siano conformi a quelle previste per gli aggregati di primo impiego.

Tutto il fresato prima dell'impiego va "vagliato" al 30 mm, per gli strati di base e basebinder, e al 20 mm per gli strati di binder e usura; ciò al fine di evitare di comprendere elementi grossolani e per ridurre la "variabilità" della miscela.

L'impiego dei fresati comporta l'impiego di rigeneranti (0,2 – 0,5% in peso sul bitume totale) per il vecchio bitume; tali rigeneranti devono essere approvati come indicato all'art 7.3 e vanno impiegati in particolari zone (es. zone ad elevato traffico) e sempre su indicazione della DL.

In caso di impiego di fresato le percentuali minime di bitume totale salgono di 0,2% per tutte le miscele (vedi punti 8.1.7e 8.1.8) considerando nella miscela totale anche il bitume contenuto nel fresato.

Il controllo della percentuale di fresato da parte della DL potrà essere effettuato direttamente in impianto.

Ai fini del reimpiego (in base alla disponibilità e alla tipologia dell'impianto) è possibile impiegare le seguenti percentuali di fresato:

% di impiego di fresato					
Conglomerato	Usura a	Usura b	Binder	Basebinder	Base
% di fresato	≤15	≤15	≤20	≤20	≤25
% di rigenerante sul bitume	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5

L'Impresa che si avvale di impianti di produzione moderni per la gestione di elevati quantità di fresato, può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una maggiore quantità di fresato (fino al 40% per strati di base, fino al 35% per strati di collegamento e fino al 25% per strati di usura chiusa, escluso il drenante) a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di

polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal conglomerato bituminoso di recupero.

La percentuale di conglomerato bituminoso di recupero (fresato) ed il tipo di bitume modificato che si intendono impiegare devono essere obbligatoriamente dichiarati nello studio della miscela (mix design) - contenente un accertamento delle prestazioni/caratteristiche meccaniche che devono risultare del tutto simili a quelle del conglomerato bituminoso senza fresato - che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, ha facoltà di accettare o meno la proposta.

8.2 CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI USURA DRENANTE E DRENANTE ALLEGGERITO CON ARGILLA ESPANSA

- **D.01.036** "Strato di usura drenante"

Il conglomerato bituminoso per usura drenante è costituito da una miscela di pietrischetti frantumati, possibilmente di origine effusiva, sabbie ed eventuale additivo impastato a caldo con bitume modificato.

Queste miscele possono essere previste per tutte le tipologie di lavorazione, **Manutenzione Ordinaria (MO) Manutenzione Straordinaria (MS) e Nuove Costruzioni (NC)**.

Dovranno essere impiegate prevalentemente con le seguenti finalità:

- favorire l'aderenza in caso di pioggia eliminando il velo d'acqua superficiale soprattutto nelle zone con ridotta pendenza di smaltimento (zone di transizione rettifilo-clotoide, rettifilo-curva).
- abbattimento del rumore di rotolamento (elevata fonoassorbenza)

Gli aggregati dovranno essere stoccati in appositi siti, ben separati fra le varie pezzature e in zone prive di ristagni d'acqua o di terreni argillosi.

I leganti bituminosi devono essere stoccati in idonee cisterne con controllo delle temperature.

Ai fini del loro impiego i conglomerati bituminosi dovranno avere marcatura CE relativamente alle grandezze indicate in premessa.

8.2.1 AGGREGATI LAPIDEI

Gli aggregati devono essere costituiti da aggregati naturali (preferibilmente di natura basaltica) o in percentuali ridotte da aggregati artificiali (argilla espansa, scorie di altoforno ecc.), in questo caso sarà la DL a decidere, caso per caso, l'idoneità dei materiali e le percentuali di impiego.

E' facoltà di Anas Spa accettare l'impiego di aggregati "alluvionali", cioè provenienti da frantumazione di rocce tondeggianti, in questo caso, fermo restando tutti gli altri requisiti, la percentuale (totale) di impiego di questi ultimi non deve essere superiore al 40%.

Gli aggregati alluvionali dovranno provenire dalla frantumazione di elementi sufficientemente grandi da essere formati da elementi completamente frantumati (privi di facce tonde) in percentuale (in peso) $\geq 80\%$; la restante parte non dovrà essere mai completamente tonda.

Ai fini dell'impiego è obbligatoria l'attestazione di conformità (CE) da parte del produttore con i seguenti requisiti:

- resistenza alla levigabilità PSV (Polished Stone Value) maggiore o uguale a 44 (UNI EN 1097-8);
- perdita in peso alla prova Los Angeles (UNI EN 1097-2) non superiore al 18% in peso;
- resistenza al gelo e disgelo (UNI EN 1367-1) ≤ 1 ;
- coefficiente di appiattimento inferiore o uguale al 15% (UNI EN 933-3);
- percentuale di superfici frantumate (UNI EN 933-5) uguale a 80%.

Per gli aggregati fini in particolare;

- l'equivalente in sabbia, di una eventuale miscela delle sabbie da frantumazione, determinato secondo la prova (UNI EN 933-8) dovrà essere superiore a 75;
- passante al setaccio 0,063 (UNI EN 933-1) < 18 .

Gli additivi dovranno rispettare i seguenti requisiti;

- passante al setaccio 2 mm (UNI EN 933-10) uguale al 100%;
- passante al setaccio 0,125 (UNI EN 933-10) compreso tra 85 e 100%;
- passante al setaccio 0,063 (UNI EN 933-10) compreso tra 70 e 100%;
- indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12) N.P.;
- palla e anello (filler/bitume=1,5) (UNI EN 13179-1) $\Delta_{R\&B} > 5\%$.

L'impiego di fibre per il rinforzo strutturale delle miscele avverrà con quantità comprese tra 0,05 e 0,5% (art.7.5) in peso sugli aggregati a seconda del tipo di fibra impiegata e comunque secondo le quantità e le modalità indicate sulla base di specifiche prove eseguite dai Laboratori accreditati, oppure su quelle preventivamente eseguite dal CSS.

8.2.2 MISCELA

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica compresa nei seguenti fusi:

	USURA DRENANTE (sp. 4-6 cm)	DRENANTE CON ARGILLA ESPANSA (sp. 3-4 cm)
setacci UNI	passante totale % in peso	passante totale % in peso
Setaccio 20	100	
Setaccio 14	90-100	100
Setaccio 12,5	-	94-100

Setaccio 10	-	75-85
Setaccio 8	12-35	-
Setaccio 6,3	-	20-32
Setaccio 4	7-18	8-14
Setaccio 2	6-12	6-12
Setaccio 0,5	5-11	5-11
Setaccio 0,25	5-10	5-10
Setaccio 0,063	4-8	4-8

Bitume, riferito alla miscela, 4,8%-5,8% per usura drenante (UNI EN 12697-1 e 39) e 5,3%-6,3% per usura drenante con argilla espansa

Per la realizzazione del drenante alleggerito con argilla espansa valgono le seguenti indicazioni:

- L'argilla espansa dovrà essere di tipo strutturale con pezzatura 6/14
- Resistenza dei granuli allo schiacciamento ≥ 43 daN/cm²
- L'argilla dovrà essere impiegata in percentuali in peso comprese tra 10 e 12 %

Ai fini della lavorazione l'argilla espansa dovrà essere stoccata in cantiere in idonei siti per evitare che venga a contatto con pioggia o acqua in generale.

L'impiego dell'argilla espansa è possibile in aree dove il costo degli aggregati naturali delle dovute caratteristiche risulta elevato per ragioni di reperibilità; inoltre aumenta le performance di durata in relazione alla lucidatura.

Entrambi i fusi favoriscono una elevata fonoassorbenza.

La DL al fine di verificare l'elevata fonoassorbenza, si riserva la facoltà di controllare mediante rilievi effettuati in sito con il metodo dell'impulso riflesso sempre effettuato dopo il 15° giorno della stesa del conglomerato. In questo caso con una incidenza radente di 30° i valori di α dovranno essere:

frequenza (Hz)	coeff. fonoassorbimento
400 / 630	$\alpha > 0,25$
800 / 1250	$\alpha > 0,50$
1600 / 2500	$\alpha > 0,25$

8.2.3 REQUISITI DI ACCETTAZIONE

I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia della miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale).

Il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	Usura drenante	Drenante alleggerita	% vuoti
N1	10	10	≥ 28
N2	50	50	≥ 22
N3	130	130	≥ 20

Le miscele risultanti dallo studio/verifica mediante giratoria (compattate a N3) dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

	Usura drenante	Drenante alleggerito
Rt (GPa x 10-3)	0,36 – 0,70	0,34 – 0,68
CTI (GPa x 10-3)	≥ 30	≥ 25

8.2.4 FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle di progetto. La DL potrà approvare l'impiego di impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della mescolazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

8.2.5 POSA IN OPERA DELLE MISCELE

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati tradizionali (art. 8.1.8.6ad eccezione della temperatura di costipamento che dovrà essere compresa tra i 150°C e 180°C per le miscele ottenute con legante bituminoso con modifica tipo hard. La compattazione dovrà essere effettuata con rulli metallici del peso di 8÷12 tonnellate.

Il rullo deve seguire da vicino la finitrice e la compattazione deve essere condotta a termine in continuo senza interruzioni.

Vanno immediatamente rimosse e rifatte zone che presentino anomalie di stesa, segregazioni, sgrature.

Il trasporto impianto-cantiere di stesa deve avvenire con mezzi idonei che evitino la formazione di crostoni o eccessivi raffreddamenti superficiali.

Al termine dello scarico del materiale nella finitrice i mezzi di trasporto del conglomerato è vietato scaricare nel cavo eventuali residui di conglomerato rimasti sul camion.

Il piano di posa dovrà risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale prima di provvedere alla stesa di una uniforme mano di attacco con bitume modificato HD (7.1.2 tabella 7.B), nella quantità compresa tra 1,0 e 1,5 kg/m² (secondo le indicazioni della DL) e, se necessario, il successivo eventuale spargimento di uno strato di filler ; potrà essere anche richiesta la preventiva stesa di un tappeto sottile di risagomatura ed impermeabilizzazione del supporto, per consentire il perfetto smaltimento delle acque. La DL indicherà di volta in volta la composizione di queste miscele fini. Dovrà altresì essere curato lo smaltimento laterale delle acque che percolano all'interno dell'usura drenante.

La stesa del conglomerato deve essere sospesa in caso le condizioni meteorologiche possano pregiudicare la riuscita del lavoro e comunque sempre in caso di pioggia o temperatura esterna <10 °C o in condizioni di piano di posa umido.

La capacità drenante dovrà essere misurata mediante permeabilmetro a colonna. Le prove sono da effettuarsi preferibilmente durante la fase di lavorazione (ad almeno 4 ore dalla fine della posa in opera, non appena il conglomerato si è freddato).

Le misure (singole) vanno fatte ad almeno 50 cm dai bordi con frequenza di almeno 10 misure per km per ciascuna corsia.

	Usura drenante	Drenante alleggerito
Capacità drenante lt/min	≥ 18	≥ 15

Ai fini della valutazione della aderenza, nel caso l'intervento interessi tratte brevi o con particolari caratteristiche geometriche tali da non poter effettuare misure con mezzi ad alto rendimento, la valutazione potrà essere effettuata mediante misura di attrito radente PTV con Skid Tester (UNI EN 13036-4) misurato tra il 60° e il 180° giorno di apertura al traffico che dovrà risultare:

	Usura drenante	Drenante alleggerito
PTV	≥ 55	≥ 60

8.3 CONTROLLO SULLA QUALITA' DELLA COMPATTAZIONE DELLE MISCELE

Per ogni lavorazione descritta nelle presenti Norme Tecniche sono indicati i mezzi più adatti per eseguire un buon costipamento.

A riprova della presenza e del buon uso dei sistemi di compattazione dei diversi strati presenti in opera la percentuale dei vuoti (rilevabile da carotaggi) dovrà risultare nei limiti della tabella seguente:

Lavorazioni	% dei vuoti (Vm : UNI EN 12697-8)	
	min.	max.
Base	3	9
Basebinder	3	9
Binder	3	8
Usure A e B	3	8
Drenante	16	27
Drenante con argilla espansa	15	26

Le verifiche potranno essere fatte anche in corso d'opera con possibilità di richiesta da parte della DL di variazione del sistema di compattazione.

8.4 REQUISITI DI LABORATORIO SOTTOPOSTI A DETRAZIONE

Le caratteristiche tecniche rilevate da misure di laboratorio dei conglomerati bituminosi eseguiti a caldo oggetto di detrazioni riguardano la percentuale e la qualità del bitume e lo spessore del conglomerato bituminoso in opera.

- **Qualità e percentuale di bitume**

Ai fini dell'applicazione della detrazioni penale dovranno essere rispettate le caratteristiche richieste nella prova di cui all'art. 7.1 tabelle 7.A e 7.B relativamente alla Penetrazione, Palla e Anello e Viscosità a 160°C sul bitume prelevato in impianto, con una tolleranza del 10% sui range (ad es. se la penetrazione prevista è 50-70 dmm le soglie per la penale sono $50-0,1*50=45\text{dmm}$ e $70+0,1*70=77\text{dmm}$).

Sempre ai fini della applicazione della penale dovrà essere rispettato la conformità della percentuale di legante rilevato mediante estrazione rispetto a quella approvata (di progetto) contenuta negli studi di formulazione della miscela in esame.

Rispetto al contenuto di bitume di progetto (che dovrà essere sempre contenuto nei range delle percentuali del bitume di cui agli art. 8.1.7 e 8.2.) ai fini dell'applicazione della penale è ammessa una tolleranza (T) di $\pm 0,3$ della percentuale di bitume.

La percentuale di bitume dovrà essere sempre riferita in peso rispetto alla miscela e potrà essere misurata su carotaggi eseguiti sulla pavimentazione o da conglomerato sciolto prelevati in fase di stesa e sarà eseguita secondo UNI EN 12697-1 o 39.

La DL potrà applicare la penale anche nel caso una sola delle quattro grandezze di cui sopra risulti fuori dalle tolleranze descritte.

Calcolo della penale per difetto della quantità di bitume

$$\% \text{ detrazione} = 10 B + 25 B^2$$

con B = valore assoluto (% bitume misurata - % bitume di progetto) – T

con T= 0,3

In assenza dello studio della miscela, si farà riferimento al valore medio dell'intervallo di accettazione

Calcolo della penale per difetto della qualità di bitume

Qualora una o più delle grandezze di cui sopra non risulti nei range descritti verrà detratta del 15% una quantità standard CM di conglomerato bituminoso ad un prezzo PS, calcolata secondo il seguente metodo:

$$CM_{(\text{metri cubi})} = Q / (2,3 \times 0,045)$$

$$D_{(\text{euro})} = 0,15 \times CM \times PS$$

CM= Quantità di conglomerato bituminoso (in metri cubi) realizzato con la fornitura di Q tonnellate di bitume

Q = Quantità in tonnellate della fornitura di bitume a cui il prelievo si riferisce, nel caso in cui non si riesca a risalire alla quantità Q di bitume si considererà Q = 20 tonnellate.

PS = prezzo in €/m³ di aggiudicazione dei lavori del conglomerato realizzato con il bitume in oggetto

D = valore da detrarre in euro (€)

Nel caso lo stesso bitume sia utilizzato per più tipologie di conglomerato si utilizzerà il conglomerato con il prezzo più alto.

- *Spessori degli strati della pavimentazione (mediante carotaggi)*

La valutazione della conformità degli spessori realizzati ai quelli di progetto è eseguita mediante carotaggi .

La misura di spessore con carotaggi, valutato attraverso la Norma UNI EN 12697-36, sarà basato su carote di diametro compreso tra 100 e 200 mm (le cui frequenze di campionamento sono indicate all'art. 11.1), su cui calcolare per ciascuna carota lo spessore medio SM (quattro misure su diametri ortogonali) da confrontare con lo spessore di progetto.

Sarà applicata la detrazione per spessori in difetto con le seguenti tolleranze (T):

strato di usura (A e B), Usura drenante e usura drenante con argilla espansa 5%

strato di binder 7%

strati di base e basebinder 10%

La detrazione sarà calcolata nel seguente modo:

$$DP_{(\%)} = 100 * \frac{(SP - SM)}{SP}$$

$$D_{(euro)} = \frac{(DP - T)}{100} * 3 * PR * A$$

dove:

DP = differenza percentuale tra lo spessore di progetto del singolo strato e quello rilevato

SP = spessore di progetto del singolo strato (mm)

SM = spessore medio del singolo strato misurato sulla carota (mm)

T = tolleranza in %

PR = prezzo (€/m²)

A = area di influenza della carota in m²

D = valore da detrarre in euro (€)

La superficie di detrazione A sarà calcolata moltiplicando l'area di influenza della carota (interasse delle carote) per la larghezza dell'intervento.

Nel caso di scostamenti per difetto degli spessori degli strati rispetto a quelli di progetto superiori al 25% si deve ordinare la rimozione e il rifacimento dello strato a totale carico dell'Impresa. Non trova applicazione la tolleranza.

L'applicazione delle clausole di questo articolo non esclude quelle previste in altri articoli.

9 STRATO DI BASE RICICLATO A FREDDO

- **D.01.010** "Strato di base realizzato in impianto o in sito mediante l'impiego di fresato riciclato mediante impiego di emulsione bituminosa modificata e cemento"

Il riciclaggio a freddo mediante emulsione modificata delle pavimentazioni in conglomerato bituminoso viene realizzato reimpiegando materiali fresati da pavimentazioni stradali, opportunamente selezionati, legati nuovamente con emulsione, stesi e compattati.

La tecnologia viene impiegata per riciclare pacchetti di conglomerato bituminoso ammalorati in sito o già stoccati in cantiere (fresati).

La tecnologia del riciclaggio con emulsione prevede diverse modalità operative:

- in sito mediante treno di riciclaggio mobile o tramite idonee riciclatrici
- in impianto fisso o tramite impianti semoventi (su rimorchi) che hanno la possibilità di essere collocati in aree vicino al sito di stesa

Lo spessore del singolo strato (compattato) potrà variare da 14 a 20 cm.

9.1 AGGREGATI LAPIDEI

La tecnologia del riciclaggio con emulsione permette di riciclare fresati di pavimentazioni ammalorate per la formazione di strati di base e basebinder, miscelando con emulsione bituminosa modificata, cemento e acqua il fresato (in sito o in impianto idoneo) stendendo (con finitrice) e compattando il pacchetto risultante.

Per la realizzazione della miscela ai fini del raggiungimento delle necessarie caratteristiche tecniche (granulometria, resistenza, portanza) è consentita l'integrazione con aggregati frantumati di cava (frantumazione 100%) nella percentuale massima del 25%.

9.2 LEGANTE E ADDITIVI

Per legante si dovrà impiegare emulsione bituminosa modificata (con SBS e/o lattice) sovrastabilizzata secondo le caratteristiche indicate all'art. 7.2.5, in percentuali comprese tra 3,5 e 4,5% in peso sugli aggregati;

In aggiunta all'emulsione dovrà essere impiegato cemento in percentuali tra 0,7 e 2,0% in peso sugli aggregati

L'acqua di aggiunta dovrà essere pura priva di sostanze organiche.

La miscela di materiale da riciclare ed eventuali aggregati freschi sarà tale da avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso prescritto

Granulometria materiale post estrazione

Apertura Setacci (mm)	Fuso	
31,5	100	100
20	68	92
14	50	75
8	36	60
4	25	48
2	18	38
0,25	8	20
0,125	5	14
0,063	4	9

La granulometria del conglomerato bituminoso di recupero (fresato) deve essere eseguita per via umida sul materiale prelevato all'impianto, dopo granulazione e vagliatura, oppure dopo un passaggio di pulvimixer (senza l'aggiunta dei leganti), quando sia prevista la miscelazione in sito.

9.3 STUDIO DELLA MISCELA

Le miscele devono avere massime caratteristiche di resistenza a fatica, all'ormaiamento, ai fattori climatici e in generale ad azioni esterne.

Le miscele devono essere verificate mediante **pressa giratoria** con i seguenti parametri di prova:

Pressione verticale kPa	600 ± 3
Angolo di rotazione	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	150

Per le resistenze si dovranno realizzare provini con pressa giratoria con n° giri 180 con le seguenti caratteristiche.

	3 gg	Dimensioni provini
Rt 25°C (GPa x 10 ⁻³)	0,32-0,55	Diametro 150mm – altezza 100-130 mm
Compressione semplice 25 °C (GPa x 10 ⁻³)	1,2 – 2,5	Diametro 150mm – altezza 160-200 mm

I provini vanno maturati a 40 °C e termostati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura

I parametri sopra descritti potranno essere ricercati mediante l'effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione delle percentuali ottimali dei leganti (cemento ed emulsione) e dell'acqua di compattazione oltreché allo stabilire l'eventuale aggiunta di aggregati di integrazione come di seguito descritto a titolo di esempio:

emulsione (%)	3,0			3,5			4,0			Le percentuali sono da intendersi in peso sulla miscela
cemento (%)	1,0			1,5			2			
Acqua di compattaz. (%) (°)	4	5	6	4	5	6	4	5	6	
N° provini	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

I sei provini (per ciascun punto dello studio) andranno maturati e rotti tre a compressione e tre a trazione indiretta

9.4 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE

L'Impresa ha l'obbligo di fare eseguire prove sperimentali sui campioni di fresato, di legante e di emulsione per la relativa accettazione.

L'Impresa è poi tenuta a provvedere con congruo anticipo, rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, a fornire la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali si sono ricavate le ricette ottimali.

Una volta accettata dalla DL la composizione granulometrica della curva di progetto proposta, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con esami giornalieri.

Per la percentuale di bitume totale (vecchio più quello proveniente da emulsione) non sarà tollerato uno scostamento da quella di progetto di $\pm 0,8\%$.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

Dovranno essere effettuati almeno con frequenze giornaliere:

- la verifica dell'emulsione da impiegare

- la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli aggregati, percentuale del bitume, percentuale di additivo) prelevando il conglomerato all'uscita dell'impianto, mobile o fisso ;
- la verifica delle caratteristiche del conglomerato finito (peso di volume e percentuale di vuoti ecc.);
- la verifica delle resistenze diametrali .

Inoltre con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli sull'impianto ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.

I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) secondo quanto previsto all'art 1.4e dovranno avere valori:

Maturazione	Modulo elastico (Mpa)
4 ore	> 60
24 ore	200-600

9.5 FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE

La buona compattazione della miscela andrà verificata tramite la misura della portanza LWD a 4 ore e 24 ore e attraverso l'IS₃₀₀ (Indice Strutturale) tramite il TSD o il FWD. Le verifiche potranno essere fatte anche in corso d'opera con possibilità di richiesta da parte della DL di variazione del sistema di compattazione.

Un valore della percentuale dei vuoti rilevabile dai carotaggi dovrà attestarsi sui valori del 9% fermo restando la non applicabilità di eventuali penali correlate alla percentuale dei vuoti. Resta valida l'applicazione della penale prevista all'art. 11.5 bis per la non conformità del parametro Rt.

Il fresato deve essere vagliato (o granulato) al fine di evitare la permanenza di crostoni e materiale con dimensioni > 40 mm.

9.6 POSA IN OPERA DELLA MISCELA

Dopo la miscelazione in impianto, la stesa dovrà essere realizzata con idonea macchina vibro-finitrice.

Nel caso di miscelazione in sito con pulvimixer, prima dello spianamento con la livellatrice, la miscela deve essere omogeneamente addensata mediante uno o due passaggi di rullo monotamburo vibrante. In entrambi i casi la compattazione dovrà essere effettuata con rullo monotamburo vibrante di almeno 19 tonnellate accoppiato ad un rullo gommato di almeno 24 tonnellate.

Per la stesa dello strato superiore si dovrà attendere il giorno successivo (o almeno 6-8 ore nel caso di esigenze operative improrogabili).

In particolare sono altresì a carico dell'Impresa i seguenti oneri per:

- gli studi delle miscele e della proposta di formulazione del materiale da riciclare che dovranno essere presentati alla Committente con congruo anticipo e approvati dalla DL prima dell'inizio delle lavorazioni;
- l'esecuzione, in corso d'opera mediante idoneo laboratorio mobile di prelievi giornalieri allo scopo di determinare le caratteristiche del materiale riciclato;
- l'eliminazione delle eventuali eccedenze di materiale;
- i materiali di risulta delle demolizioni parziali o totali delle sovrastrutture o altro ritenuti idonei dalla Direzione dei Lavori dovranno essere reimpiegati per la confezione di nuovi conglomerati bituminosi nelle percentuali, modalità e norme definite dalla Società Appaltante.

L'Impresa dovrà a sue spese provvedere al trasporto nei piazzali dei cantieri di confezione dove questi materiali dovranno essere stoccati in idonee aree opportunamente predisposte secondo le direttive della Direzione dei Lavori.

I materiali di risulta che non saranno reimpiegati rimangono di proprietà dell'Impresa che provvederà a sua cura e spese al trasporto a discarica.

10 TRATTAMENTI SUPERFICIALI

10.1 CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO PER RISAGOMATURE PER PAVIMENTAZIONI

- **D.01.008** "Conglomerato bituminoso per risagomature di pavimentazione"

10.1.1 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI

In corrispondenza di fenomeni deformativi particolarmente evidenti, andrà prevista prima della realizzazione del nuovo tappeto di usura, la stesa di un microtappeto in conglomerato bituminoso a caldo, avente la funzione di risagomare il piano viabile deformato.

Le caratteristiche ed i requisiti di accettazione degli aggregati e dei leganti costituenti la miscela, come pure le prescrizioni per la formazione, la confezione e la posa in opera delle miscele, saranno in tutto conformi a quanto già specificato all'art. 8.1 per i conglomerati bituminosi per strati di usura, fatte salve le seguenti modifiche:

Composizione granulometrica: individuabile con una curva continua contenuta orientativamente entro i limiti del seguente fuso:

setacci UNI-EN	passante totale in peso %
setaccio 8	100
setaccio 4	70-90

setacci UNI-EN	passante totale in peso %
setaccio 2	38-58
setaccio 0,5	15-32
setaccio 0,25	8-20
setaccio 0,063	5-10

10.1.2 POSA IN OPERA

La posa in opera dovrà essere eseguita a regola d'arte, con vibrofinitrici in grado di realizzare uno strato finito perfettamente sagomato, senza ondulazioni, omogeneo, liscio, privo di sgranamenti, fessurazioni o aree di segregazione.

La stesa non deve presentare aree (chiazze) di bitume o di malta bituminosa (bitume e parti fini) dovute a problemi di collaggio o segregazione nella miscela.

Per garantire la continuità tra gli strati, sul piano di posa, che deve essere asciutto, va stesa sempre una mano di attacco in quantità compresa tra 0,6 e 1,2 kg/m² di bitume o emulsione ambedue preferibilmente modificati.

I giunti trasversali e longitudinali devono presentarsi privi di fessurazioni o elementi litoidi frantumati, con le strisciate adiacenti perfettamente complanari.

In caso di stesa di due strisciate affiancate, per evitare di avere il "giunto freddo" è preferibile, se non è possibile l'impiego di due finitrici, un spaziatura temporale ridotta al minimo. La mano di attacco deve andare ad interessare (se le due strisciate sono distanti temporalmente) anche il bordo della prima strisciata.

Il conglomerato bituminoso deve essere prodotto in impianto a temperature tra 145 °C e 180 °C; deve essere steso a temperatura ≥ 140 °C (misurata dietro finitrice).

La compattazione deve avvenire mediante rulli metallici con peso compreso tra 6 e 10 t; il rullo deve seguire da vicino la finitrice e condurre la compattazione a termine in continuo, senza interruzioni.

Vanno immediatamente rimosse e rifatte zone che presentino anomalie di stesa, segregazioni, sgranature. Il trasporto tra l'impianto ed il cantiere di stesa deve avvenire con mezzi idonei che evitino la formazione di crostoni o eccessivi raffreddamenti superficiali.

10.1.3 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI (VOLUMETRICHE E MECCANICHE)

Le miscele devono avere massime caratteristiche di resistenza a fatica, all'ormaiamento, ai fattori climatici e in generale ad azioni esterne.

Le miscele devono essere verificate mediante pressa giratoria con i seguenti parametri di prova:

Pressione verticale kPa	600 ± 3
Angolo di rotazione	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	100

10.1.3.1 DATI VOLUMETRICI

I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia della miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della percentuale dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale).

Il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	N° giri	% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
N1	10	11-15
N2	100	3-6
N3	190	≥ 2

10.1.3.2 DATI MECCANICI

Le miscele risultanti dallo studio/verifica mediante giratoria (compattate a N3) devono essere testate a trazione diametrale a 25 °C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

Rt (GPa x 10 ⁻³)	0,70 – 1,50
CTI (GPa x 10 ⁻³)	≥ 65

Lo spessore finito risulterà essere mediamente dell'ordine del centimetro e sarà comunque il minimo compatibile in ordine alle caratteristiche granulometriche della miscela ed all'entità delle deformazioni da risagomare.

10.2 TRATTAMENTI DI IRRUVIDIMENTO CON SISTEMI MECCANICI

- **D.01.058** "Irruvidimento per migliorare l'aderenza mediante sistemi meccanici"

10.2.1 IRRUVIDIMENTO PER MIGLIORARE L'ADERENZA

L'irruvidimento della superficie della pavimentazione comunque eseguita dovrà lasciare un piano il più possibile uniforme e regolare in tutte le direzioni privo di solchi longitudinali e sgranature, in particolare ai bordi delle singole strisciate dovranno essere evitati gradini od affossamenti.

Le attrezzature impiegate dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti con caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla DL.

L'irruvidimento dovrà interessare prevalentemente solo la corsia di marcia lenta per una larghezza di 4 metri a partire dal bordo destro della riga tratteggiata bianca; per particolari situazioni stradali in essere (a discrezione della DL) tale larghezza potrà essere variata per eccesso o per difetto.

10.2.1.1 IRRUVIDIMENTO MEDIANTE PALLINATURA

Le superfici con ridotto CAT possono essere riportate a valori superiori con irruvidimenti a secco denominate "pallinatrici", le quali non lasciano le superfici trattate con striature orientate in senso longitudinale o trasversale tali da non incrementare il rumore di rotolamento e non creare l'effetto rotaia.

I pallini proiettati dalla macchina vanno recuperati per aspirazione e reimpiegati previa eliminazione e stoccaggio delle particelle distaccate dai manti stradali, in modo da ottenere il massimo incremento possibile del CAT; tale incremento è in relazione al tipo di miscele presenti nel punto trattato e comunque dovrà essere superiore di almeno 5 punti CAT rispetto al valore preesistente; le misure andranno eseguite entro sessanta giorni dalla lavorazione.

La fase di pallinatura dovrà essere applicata in modo omogeneo e non dovrà produrre sulla superficie del manto aree di sgranatura.

10.2.2 IRRUVIDIMENTO PER VARIARE LA RUMOROSITÀ

Qualora lo scopo del trattamento fosse quello di generare una variazione del rumore di rotolamento rispetto a quello della normale pavimentazione per richiamare l'attenzione del conducente, su segnaletiche speciali o su punti singoli del tracciato, la superficie della pavimentazione dovrà essere fresata in modo da ottenere dei solchi discontinui (tratteggio) della profondità di 0,5-1 cm; ciò si otterrà con idonea attrezzatura munita di fresa a tamburo funzionante a freddo con tutti i denti della stessa lunghezza, operando con l'attrezzatura alla massima velocità di spostamento longitudinale e con la minima velocità di rotazione del tamburo cilindrico.

In questo tipo di irruvidimento l'intervento dovrà in generale interessare l'intera carreggiata.

La sua validità sarà ritenuta soddisfacente se la variazione di rumore di rotolamento all'interno di una autovettura media, sarà chiaramente avvertibile a velocità di 80 km/h o maggiori.

10.3 MICROTAPPETI A FREDDO TIPO "SLURRY - SEAL" (MACRO-SEAL)

- **D.01.048** "Microtappeto a freddo tipo macro-seal (0,6 - 0,7 cm)"

10.3.1 DESCRIZIONE

Il microtappeto tipo "slurry-seal" (macro-seal) è costituito dall'applicazione di un sottile strato di malta bituminosa impermeabile irruvidita.

L'impiego dello slurry-seal deve essere previsto al fine di ripristinare una condizione di aderenza accettabile su tappeti con CAT<45 o in particolari tratti ad elevata pericolosità (curve con raggi di curvatura piccoli, tratti in forte pendenza e /o tratte ad elevata incidentalità).

Per una sufficiente durata dello slurry-seal (per durata si intende un mantenimento della superficie continuo senza "chiazze" o zone di espiazione della graniglia soprattutto sulla battuta dei pneumatici) è necessario avere un supporto (a meno di effettuare una rasatura) sufficientemente sano, cioè privo di lesioni, ragnatele o sfondamenti.

La malta è formata da una miscela di aggregati basaltici selezionati, impastati a freddo con una emulsione bituminosa modificata (C60BP10) (vedi art. 7.2.5).

La miscelazione e la stesa sono effettuate con una apposita macchina semovente ed il trattamento, che normalmente non richiede rullatura, può essere aperto al traffico quasi immediatamente.

10.3.2 AGGREGATI LAPIDEI

Gli aggregati lapidei, costituiti da una miscela di graniglia, sabbia e filler, con granulometria ben graduata e continua, devono soddisfare particolari requisiti di pulizia, poliedricità, resistenza meccanica, all'abrasione ed al levigamento. Per l'aggregato grosso dovranno essere impiegati esclusivamente aggregati frantumati di cava, con perdita in peso alla prova Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature (Norma UNI EN 1097-2), minore del 18% e non superiore al 16% per la massima pezzatura; inoltre resistenza alla levigabilità PSV (Polish Stone Value) determinata su tali pezzature dovrà essere uguale o maggiore di 44 (UNI EN 1097-8).

In caso di impiego di altri materiali (scorie, loppe, cromiti ecc) la DL si dovrà esprimere circa la fattibilità del lavoro.

L'aggregato fino sarà composto da sabbia di frantumazione.

In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi da cui è ricavata per frantumazione la sabbia dovrà avere alla prova Los Angeles, (Norma UNI EN 1097-2), eseguita su granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%.

L'equivalente in sabbia determinato sulla sabbia o sulla miscela delle due dovrà essere maggiore od uguale all'80% (UNI EN 933-8).

10.3.3 ADDITIVI

Gli additivi (filler) provenienti dalle sabbie descritte al punto 10.3.2 potranno essere integrati con filler di apporto (normalmente cemento Portland 325); gli additivi impiegati dovranno soddisfare i requisiti richiesti al precedente punto 8.1.6.

10.3.4 MISCELE

La miscela dovrà avere una composizione granulometrica compresa nel fuso di seguito indicato:

setacci UNI-EN	passante totale in peso %
	Spessore 6-7 mm
setaccio 8	100
setaccio 4	50-80
setaccio 2	30-55
setaccio 0,25	12-24
setaccio 0,125	8-18
setaccio 0,063	5-10

Miscele con spessori finali diversi dovranno essere concordate di volta in volta con la DL.

10.3.5 MALTA BITUMINOSA

Il legante bituminoso sarà costituito da una emulsione bituminosa modificata al 60% di bitume residuo (C60BP10) con elastomeri sintetici incorporati in fase continua (acqua) prima dell'emulsione, opportunamente formulata per l'impiego.

Per la realizzazione dell'emulsione si dovrà esclusivamente impiegare bitume di tipo 80-100. L'impiego di altri tipi di bitumi potrà essere autorizzato esclusivamente dalla DL.

I requisiti richiesti dal bitume elastomerizzato (residuo della distillazione) dovranno essere i seguenti:

Penetrazione a 25°C dmm	50/70	Normativa UNI EN 1426
Punto di rammollimento °C	> 60	Normativa UNI EN 1427
Punto di rottura Fraas °C	< -13	Normativa UNI EN 12593

Dovranno essere impiegati additivi (es. dopes) complessi ed anche, se necessario cemento, per facilitare l'adesione tra il legante bituminoso e gli aggregati lapidei, per intervenire sul tempo di rottura dell'emulsione e per permettere la perfetta miscelazione dei componenti della miscela. Il loro dosaggio, ottimizzato con uno studio di laboratorio, sarà in funzione delle condizioni esistenti al momento dell'applicazione e specialmente in relazione alla temperatura ambiente e del piano di posa.

10.3.6 COMPOSIZIONE E DOSAGGI DELLA MISCELA

La malta bituminosa dovrà avere i seguenti requisiti:

Spessore minimo	mm	6
Dosaggio della malta	kg/ m ²	15-25
Dimensione max aggregati	mm	7-8
Contenuto di bitume elastomerizzato residuo, in peso sugli aggregati	%	6,0-9,0

10.3.7 ACQUA

L'acqua utilizzata nella preparazione della malta bituminosa a freddo dovrà essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche.

10.3.8 CONFEZIONAMENTO E POSA IN OPERA

Il confezionamento dell'impasto sarà realizzato con apposita macchina impastatrice-stenditrice se-movente costituita essenzialmente da:

- serbatoio dell'emulsione bituminosa
- tramoggia degli aggregati lapidei
- tramoggia del filler
- dosatore degli aggregati lapidei
- nastro trasportatore

- spruzzatore dell'emulsione bituminosa
- spruzzatore dell'acqua
- mescolatore
- stenditore a carter

Le operazioni di produzione e stesa devono avvenire in modo continuo, connesso alla velocità di avanzamento della motrice, nelle seguenti fasi:

- ingresso della miscela di aggregati e del filler nel mescolatore
- aggiunta dell'acqua di impasto e dell'additivo
- miscelazione ed omogeneizzazione della miscela di aggregati e del suo grado di umidità
- aggiunta dell'emulsione bituminosa
- miscelazione ed omogeneizzazione dell'impasto
- colamento dell'impasto nello stenditore a carter
- distribuzione dell'impasto nello stenditore, stesa e livellamento.

Prima di iniziare la stesa del microtappeto si dovrà procedere ad una energica pulizia della superficie stradale oggetto del trattamento, manualmente o a mezzo di mezzi meccanici, tutti i detriti e le polveri dovranno essere allontanati. In alcuni casi, a giudizio della DL, dovrà procedersi ad una omogenea umidificazione della superficie stradale prima dell'inizio delle operazioni di stesa.

In particolari situazioni la DL potrà ordinare, prima dell'apertura al traffico, una leggera saturazione dello "Slurry-seal" a mezzo di stesa di sabbia di frantoio (da 0,5 a 1 kg di sabbia per 1 m² di pavimentazione) ed eventualmente una modesta compattazione da eseguirsi con rulli in seguito specificati. Al termine delle operazioni di stesa lo "Slurry-seal" dovrà presentare un aspetto regolare ed uniforme esente da imperfezioni (sbavature, strappi, giunti di ripresa), una notevolissima scabrosità superficiale, una regolare distribuzione degli elementi litoidi componenti la miscela, assolutamente nessun fenomeno di rifluimento del legante.

Deve inoltre presentare sufficiente macrotessitura ($HS > 0,5$).

In zone con sollecitazioni superficiali trasversali forti (curve ecc.) è opportuno che la malta bituminosa venga leggermente rullata prima dell'indurimento. La rullatura dovrà essere effettuata con apposito rullo gommato leggero a simulazione del traffico veicolare munito anche di piastra riscaldante per favorire l'evaporazione dell'acqua contenuta nella miscela stessa.

L'apertura al traffico deve avvenire in modo graduale (tenendo bassa la velocità dei veicoli alla prima apertura) e dopo un tempo sufficiente per la completa rottura dell'emulsione.

Per la lavorazione la temperatura minima dell'aria è di 15°C ed è assolutamente vietata in caso di pioggia o di supporto bagnato.

La produzione o la posa in opera dello "Slurry-seal" dovrà essere interrotta con temperatura dell'aria inferiore ai 15°C ed in caso di pioggia.

11 CONTROLLO REQUISITI DI ACCETTAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI

11.1 PREMESSE

I controlli per i requisiti di accettazione delle pavimentazioni, e la valutazione delle eventuali detrazioni o penalizzazioni da applicare, sono basati su controlli sempre di tipo prescrittivo per i lavori di tipo **MO**.

I controlli per i requisiti di accettazione delle pavimentazioni, e la valutazione delle eventuali detrazioni o penalizzazioni da applicare, sono basati su controlli sia di tipo prescrittivo che di tipo prestazionale per i lavori di tipo **MS** e **NC**, salvo quanto indicato nella premessa.

A discrezione della DL, anche nel caso di lavori tipo **MO**, potranno essere richieste verifiche prestazionali sulle caratteristiche di aderenza, tessitura, e valutazioni degli spessori, da cui potranno scaturire, da parte della DL, detrazioni o penalizzazioni come previste nelle attività **MS** e **NC**.

I controlli dei requisiti di accettazione di tipo prescrittivo sono richiamati negli articoli precedenti che si riferiscono alle specifiche miscele e leganti da sottoporre al controllo.

Di seguito sono riportati, in tabella, i controlli che valutano le caratteristiche superficiali e strutturali delle pavimentazioni.

Tipo di lavorazione	% vuoti	Rt	LA	Anco- raggio	% bitume e qualità	Spessori	CAT20	HS	IRI	IS300	IS200
articolo	11.5 bis	11.5 bis	11.5 bis	11.5 ter	8.4	8.4 e 11.5	11.2	11.2	11.3	11.4	11.4
RSS	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI SE ESTESI ≥ 500 m	SI SE ESTESI ≥ 500 m	NO	NO	NO
TS	SI	SI	SI	SI	SI SE ESTESI ≥ 500 m	NO	SI	SI	NO	NO	NO
RS	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
RP	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NON AP- PLICA- BILE
NC	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NON AP- PLICA- BILE

Il campionamento dei materiali soggetti ai controlli di tipo prestazionale di cui sopra, dovrà essere effettuato indicativamente con la seguente frequenza:

- Per il bitume
 - n. 1 prelievo ogni 500 m³ di lavorazione di conglomerato per ciascuno strato di pavimentazione
 - n. 1 prelievo a lavorazione per strato per piccole stese (< 500mt)

Il quantitativo da prelevare, normalmente in recipienti metallici a chiusura ermetica, dovrà essere di almeno 1 Kg per i bitumi tal quali e 2 kg per i bitumi modificati al fine di poter valutare tutte le prove principali di caratterizzazione (che risultano più numerose per i bitumi modificati).

- Per il conglomerato bituminoso sciolto:
 - almeno n.1 prelievo ogni 400 tonnellate per base e basebinder e ogni 200 tonnellate per binder e usura
 - per piccole stese (< 300mt) almeno n. 1 prelievo a lavorazione per ciascun strato

La quantità indicata pari a 25 Kg è sufficiente per l'esecuzione delle prove standard di laboratorio.

- Per il conglomerato bituminoso in carote:
 - almeno n. 3 coppie/km*corsia

La distanza tra le carote costituenti la coppia deve essere al massimo di 50 cm nella stessa strisciata di lavorazione della vibrofinitrice. Il campione dovrà risultare indisturbato, integro, compatto e rappresentare lo spessore completo dello strato (o degli strati) da esaminare.

Qualora la DL ritenga necessario provvedere alla verifica e al controllo prestazionale di emulsione bituminosa, questa dovrà essere campionata secondo le seguenti indicazioni:

- almeno n°1 ogni 2000 mt di lavorazione per ciascun strato
- per piccole stese (<500mt) n°1 prelievo a lavorazione per strato

Il quantitativo da prelevare, normalmente in recipienti metallici a chiusura ermetica, dovrà essere di almeno 3 Kg.

11.2 ADERENZA E TESSITURA

I valori di ADERENZA E TESSITURA costituiscono il **dato prestazionale superficiale**, i valori da ottenere sono dipendenti da:

- i tipi di materiale usati per l'esecuzione dello strato superficiale;
- le condizioni planoaltimetriche del tracciato in ogni suo punto;
- il tipo di traffico prevalente e la sua intensità.

Il Coefficiente di Aderenza Trasversale CAT verrà misurato con l'apparecchiatura SCRIM, SUMMS o ERMES secondo la Norma CNR B.U. n° 147 del 14.12.92 ¹.

¹ La relazione tra il valore CAT qui prescritto (CAT_{anas}) e quello definito dalla Norma CNR (CAT_{CNR}) è la seguente:

$$CAT_{anas} = CAT_{CNR} \times 100$$

La tessitura geometrica HS, intesa come macro-tessitura superficiale, verrà misurata in termini di MPD ed espressa in mm con l'apparecchiatura SCRIM, SUMMS o ERMES secondo la Norma UNI EN ISO 13473-1 di Agosto 2004; il valore di HS da confrontare con i limiti riportati in tabella risulterà:

$$HS = 0,2 + 0,8 \cdot MPD$$

Gli indicatori CAT, riportati alla temperatura di riferimento dell'aria di 20°C, e HS, dovranno essere superiori o uguali ai seguenti valori:

TIPOLOGIA LAVORAZIONE	CAT ₂₀	HS (mm)
Conglomerati bituminosi per strati di usura	58	0,4
Conglomerati bituminosi per strati di usura provvisoria (binder)	50	0,3
Conglomerati bituminosi per strati di usura con argilla espansa	62	0,4
Conglomerati bituminosi drenanti	53	1,0
Conglomerati bituminosi drenanti con argilla espansa	56	0,8
Trattamenti superficiali a freddo tipo slurry-seal (macro-seal) spessore 6 mm	62	0,5
Trattamenti superficiali a caldo (microtappeti)	55	0,3
Irradiazione meccanica di irruvidimento (pallinatura)	5 punti CAT in più rispetto al CAT preesistente	N.A.

Le misure di CAT e di HS dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, ad eccezione dei conglomerati bituminosi drenanti ad elevata rugosità superficiale, per i quali le misure dovranno essere effettuate tra il 60° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, mentre le irradiazioni meccaniche di irruvidimento (pallinatura) andranno valutate entro il 60° giorno dall'intervento.

Le misure di CAT e HS saranno effettuate con gli strumenti del CSS o anche da Laboratori accreditati ISO9001, purché operanti con specifiche ed attrezzature verificate preventivamente dal CSS²; La velocità di rilievo dovrà essere mantenuta per quanto possibile costante e pari a 60 ± 5 km/h.

Il CAT dovrà essere riportato alla temperatura di riferimento di 20°C e nei risultati si dovrà specificare la temperatura superficiale della pavimentazione e la temperatura dell'aria alla quale è stata eseguita la prova.

Il flusso dell'acqua deve essere costante e pari a 0,75 l/s, si ipotizza che la velocità di rilievo sia sempre costante e pari a 60 km/h.

² Le verifiche consisteranno nella misura di tratti indicati dai tecnici del CSS e dall'esame dei risultati ottenuti con l'attrezzatura e le specifiche da validare, tali verifiche non si rendono necessarie se il Laboratorio è accreditato ISO17025.

Dovrà essere rilevata l'intera lunghezza degli interventi realizzati da ogni singolo cantiere; le misure di CAT e HS dovranno essere restituite con un passo di misura di 10 m e quindi analizzate per tratte omogenee.

Prima di detta analisi i valori di CAT dovranno essere riportati alla temperatura di riferimento (20°C); l'operazione si effettuerà secondo la seguente formula correttiva elaborata dal TRRL, non sono previste invece correzioni per l'HS:

$$CAT_{20} = \frac{CAT_t}{0,548 + \frac{44,69}{(t + 80)}}$$

dove CAT_{20} è il valore CAT riportato alla temperatura di riferimento 20°C

CAT_t è il valore CAT nelle condizioni di prova

t è la temperatura dell'aria nelle condizioni di prova in °C

Per TRATTA OMOGENEA si intende quel tratto di pavimentazione in cui i valori dell'indicatore sono statisticamente poco dispersi intorno ad un valore medio; l'analisi sarà condotta con il programma di calcolo fornito dal CSS.

I valori medi di CAT e HS ricavati per ciascuna TRATTA OMOGENEA dovranno risultare maggiori o uguali alle prescrizioni riportate.

Nel caso in cui l'apparato di misura abbia rilevato CAT ed HS sui due lati della corsia in esame è facoltà della DL analizzare entrambe le serie e prendere in considerazione i valori medi di CAT ed HS relativi alle TRATTE OMOGENEE in condizioni peggiori, detta misurazione valuterà comunque l'intera larghezza dell'intervento.

DETRAZIONI

Le detrazioni saranno applicate per i tratti omogenei quando i valori medi di CAT e/o HS del tratto omogeneo risultino più bassi dei valori prescritti; qualora i valori medi di CAT e HS risultino ambedue deficitari sarà applicata la penalità più gravosa.

La riduzione sarà applicata in punti percentuali ai prezzi di aggiudicazione dello strato più superficiale (usura); detti punti corrisponderanno alla metà dei punti percentuali per cui il CAT o l'HS differisce in diminuzione rispetto ai valori limite prescritti (esemplificando, se la differenza è del 6% rispetto al valore previsto, la penale sarà del 3%).

La detrazione riguarderà la larghezza dello strato più superficiale oggetto del lavoro per tutto il tratto omogeneo a cui si riferisce fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità appresso specificata:

TIPOLOGIA LAVORAZIONE	CAT ₂₀	HS (mm)
Tutte le lavorazioni	40	N.A.

Se i valori medi di CAT risultassero inferiori ai valori ritenuti inaccettabili si dovrà procedere, a completa cura e spese dell'Appaltatore, all'asportazione completa con fresa ed al rifacimento dello strato superficiale per tutta la larghezza dell'intervento; in alternativa a quest'ultima operazione si potrà procedere all'effettuazione di altri trattamenti di irruvidimento per portare il valore deficitario al di sopra della soglia di non accettabilità. Se comunque al termine di tali operazioni non si raggiungessero i valori prescritti, pur essendo i valori di CAT al di sopra dei valori inaccettabili e sempre che la lavorazione sia accettata da parte della DL, sarà applicata la detrazione prevista valutata con le stesse modalità sopra riportate.

11.3 REGOLARITÀ

I valori di REGOLARITA' costituiscono il **dato prestazionale superficiale** insieme alla ADERENZA e TESSITURA.

La regolarità della superficie di rotolamento potrà essere misurata con apparecchiature ad alto rendimento dotate di profilometro laser tipo inerziale di classe 1 secondo ASTM E950-98(2004) e calcolata attraverso l'indice IRI (International Roughness Index) come definito dalla World Bank Technical Paper Number 45 e 46 nel 1986.

L'indicatore IRI dovrà essere inferiore o uguale ai seguenti valori:

TIPOLOGIA DI INTERVENTO	IRI (mm/m)
RS, RP ed NC, come definiti in appendice	2,5
RSS e TS, come definiti in appendice	N.A.

Le misure di regolarità dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra la stesa ed il 180° giorno dall'apertura al traffico.

Le misure saranno effettuate con gli strumenti del CSS o anche da Laboratori accreditati ISO9001, purché operanti con specifiche attrezzature verificate preventivamente dal CSS³; La velocità di rilievo dovrà essere mantenuta quanto più possibile costante e non dovrà scendere sotto i 25 km/h.

Dovrà essere rilevata l'intera lunghezza degli interventi realizzati da ogni singolo cantiere e dovrà essere interessata almeno una corsia; le misure di IRI dovranno essere restituite con un passo di misura di 10 m e quindi analizzate per tratte omogenee.

Per TRATTA OMOGENEA si intende quel tratto di pavimentazione in cui i valori dell'indicatore sono statisticamente poco dispersi intorno ad un valore medio; l'analisi sarà condotta con il programma di calcolo fornito dal CSS.

³ Le verifiche consisteranno nella misura di tratti indicati dai tecnici del CSS e dall'esame dei risultati ottenuti con l'attrezzatura e le specifiche da validare, tali verifiche non si rendono necessarie se il Laboratorio è accreditato ISO17025.

I valori medi di IRI ricavati per ciascuna TRATTA OMOGENEA dovranno risultare minori o uguali alle prescrizioni riportate.

Nel caso in cui l'apparato di misura abbia rilevato l'IRI sui due lati della corsia in esame è facoltà della DL analizzare entrambe le serie e prendere in considerazione i valori medi di IRI relativi alle TRATTE OMOGENEE in condizioni peggiori, detta misurazione valuterà comunque l'intera larghezza dell'intervento.

DETRAZIONI

Le detrazioni saranno applicate per i tratti omogenei quando i valori medi di IRI del tratto omogeneo risultino più alti dei valori prescritti.

La riduzione sarà applicata in punti percentuali ai prezzi di aggiudicazione dello strato di usura; detti punti corrisponderanno ad un terzo dei punti percentuali per cui l'IRI differisce in aumento rispetto ai valori limite prescritti (esemplificando, se la differenza è del 18% rispetto al valore previsto, la penale sarà del 6%).

La detrazione riguarderà la larghezza dello strato steso di usura oggetto del lavoro per tutto il tratto omogeneo a cui si riferisce fino al raggiungimento di una soglia appresso specificata.

TIPOLOGIA DI INTERVENTO	IRI (mm/m)
RS, RP ed NC, come definiti in appendice	4,0
RSS e TS, come definiti in appendice	N.A.

Se i valori medi di IRI risultassero maggiori di dette soglie, la DL, anche tenendo conto dell'effettiva estensione e della distribuzione di tali tratte, potrà richiedere, a completa cura e spese dell'Appaltatore, l'asportazione completa con fresa di adeguati spessori di conglomerato ed il rifacimento con eventuali imbottiture degli strati fresati per tutta la larghezza dell'intervento; la nuova superficie sarà comunque soggetta alle stesse condizioni di controllo e agli stessi requisiti di regolarità precedentemente descritti.

11.4 PORTANZA

I valori di PORTANZA costituiscono il **dato prestazionale strutturale**.

La misura della portanza si ottiene valutando il bacino di deflessione effettivo della pavimentazione dovuto all'applicazione di un carico dinamico imposto da una macchina a massa battente da 350 kg (Falling Weight Deflectometer - FWD) e/o una macchina mobile ad alto rendimento con asse di misura da 12 t (Traffic Speed Deflectometer - TSD).

La macchina FWD da usare deve essere dotata di almeno 7, preferibilmente 9, misuratori di abbassamento (deflessione) montati in linea ad una distanza prefissata dalla piastra di carico (le distanze dal centro piastra in mm sono: 0, 200, 300, 450, 600, 900, 1200, 1500, 1800); le misure saranno

effettuate di norma su un allineamento disposto centralmente rispetto alla larghezza dell'intervento, o, in caso di dubbi sulla buona riuscita ai bordi, potrà anche essere effettuate nella parte laterale ad almeno 50 cm dal bordo, comunque, i risultati ottenuti varranno per l'accettazione di tutta la larghezza di intervento.

In alternativa potrà essere usata la macchine a massa battente da 700 kg (Heavy Weight Deflectometer - HWD) dotata di almeno 7, preferibilmente 9, sensori montati con le distanze sopra indicate, tuttavia la massa battente applicata dovrà essere regolata a 350 kg.

L'attrezzatura mobile ad alto rendimento per il rilievo in velocità dovrà fornire valori di bacino (abbassamenti) almeno in corrispondenza dell'asse ruota ed a 200, 300, 900 e 1500 mm dall'asse, o almeno fornire direttamente gli indicatori IS300, IS200, e IS_{FOND} di seguito specificati.

Il valore indicativo del bacino, da usare come dato di riferimento per i risanamenti profondi (RP come descritti in appendice) o per le nuove pavimentazioni (NC come descritte in appendice), è quello denominato Indice Strutturale 300 (IS300) misurato in $m \cdot 10^{-6}$ ottenuto come differenza tra la deflessione massima registrata al centro del carico ed a 300 mm da detto centro, mentre i valori, comunque da registrare degli altri abbassamenti, potranno essere usati solo a fini di studio e non per le valutazioni contrattuali nel modo qui di seguito descritto.

Il valore indicativo del bacino, da usare come dato di riferimento per i risanamenti superficiali (RS come descritti in appendice), è quello denominato Indice Strutturale 200 (IS200) misurato in $m \cdot 10^{-6}$ ottenuto come differenza tra la deflessione massima registrata al centro del carico ed a 200 mm da detto centro con le modalità di seguito specificate.

Le valutazioni si faranno di norma sulle pavimentazioni finite, ed è su questi valori che si opererà per le verifica in termini contrattuali; altre misure, effettuate in corso d'opera sugli strati più bassi e/o intermedi, potranno essere usati dalla DL per dare indicazioni all'Impresa esecutrice, che comunque sarà valutata sul risultato finale⁴.

Le Riparazioni Superficiali di Soccorso (RSS come descritte in appendice) ed i Trattamenti Superficiali (TS come descritti in appendice) non prevedono accettazioni sulla portanza.

Le misure con FWD saranno effettuate con gli strumenti del CSS o anche da Laboratori accreditati ISO9001, purché operanti con le specifiche ed attrezzature verificate preventivamente dal CSS⁵; esse avranno una cadenza minima di una valutazione ogni 20 o ogni 50 metri, in funzione dell'effettiva estensione dell'intervento, oppure su distanze minori indicate della DL. Per ogni stazione di misura si dovranno eseguire 3 ripetizioni di carico imponendo un assegnato sforzo pari a 1700 KPa, il bacino di riferimento è il bacino registrato nella terza ripetizione. Le misure si estenderanno a tutto il tratto dell'intervento.

Con le nuove apparecchiature per le misure in velocità tipo Traffic Speed Deflectometer il rilevamento del parametro strutturale avverrà in continuo ed ad alta velocità.

⁴ E' anche possibile verificare dal confronto tra IS300 o IS200 con IS_{FOND} la qualità raggiunta nei due settori della pavimentazione: gli strati profondi (fondazioni e sottofondi) e gli strati superiori.

⁵ Le verifiche consisteranno nella misura di tratti indicati dai tecnici del CSS e dall'esame dei risultati ottenuti con l'attrezzatura e le specifiche da validare, tali verifiche non si rendono necessarie se il Laboratorio è accreditato ISO17025.

Per ogni tipologia di intervento, definito in appendice, sono state valutate le caratteristiche di portanza, e quindi i bacini di deflessione, che si ottengono sollecitando con un assegnato sforzo i materiali previsti. Tali calcoli hanno permesso di determinare i limiti ammissibili per l'Indice Strutturale IS300, in funzione delle condizioni di prova, e sono riportati nei grafici seguenti. Le condizioni di prova sono valutate attraverso la temperatura effettiva dell'aria al momento della prova e l'eventuale grado di maturazione della lavorazione rapportato al tempo di esecuzione della prova stessa.

Le prove vanno di norma eseguite ad una determinata temperatura di riferimento dell'aria (14°C), ma saranno considerate comunque valide se contenute negli intervalli di temperatura dell'aria comprese tra 8 e 25 °C; oltre tali intervalli di temperatura i dati saranno comunque registrati, ma non costituiranno condizioni vincolanti al fine dell'accettazione dei lavori eseguiti.

Nel caso di lavorazioni o soluzioni progettuali diverse da quelle proposte in appendice, il valore dell'IS300 di riferimento deve essere fornito, prima dell'inizio dei lavori, unitamente al dimensionamento della pavimentazione e al diagramma di controllo specifico della tipologia di pavimentazione che si intende realizzare. In mancanza di questo, si farà riferimento al pacchetto più simile.

Anche il caso di prove FWD eseguite con un diverso valore di carico imposto richiederà un adeguamento dei diagrammi di controllo.

In caso di mancata comunicazione circa la tipologia delle pavimentazioni da realizzare, od il carico imposto durante le prove FWD, varranno le prescrizioni dell'intervento più somigliante tra quelli proposti in appendice e l'Impresa dovrà accettare l'eventuale penalizzazione che potrebbe conseguirne.

Le valutazioni di portanza effettuate su strade di nuove costruzioni, o su strade esistenti, tengono conto delle diverse condizioni di lavorazione obiettivamente legate alla presenza o meno del traffico stradale.

Nell'ambito dei Risanamenti Profondi o delle Nuove Costruzioni la portanza sarà valutata attraverso l'indicatore strutturale IS300, corretto con la temperatura dell'aria come di seguito descritto, valutato e rilevato, con le stesse modalità ed attrezzature sopra descritte ma giudicato attraverso la tabella di controllo seguente:

Tipologia lavorazione	IS300 _{14°C} misura FWD con pressione applicata 1700 KPa			IS300 _{14°C} misura TSD con pressione applicata 850 KPa		
	1 mese	6 mesi	1 anno	1 mese	6 mesi	1 anno
RPA1	84	72	67	48	41	39
RPA2	88	80	77	50	46	44
RPA3	67			39		
RPB1	106	86	76	59	48	44
RPB2	102	89	83	58	51	47

RPB3	76			44		
NC1	76	66	61	43	37	35
NC2	98	79	70	54	44	40

I differenti valori di $IS_{300_{14^{\circ}C}}$ riguardanti gli RP (Risanamenti Profondi) ed NC (Nuove Costruzioni), che hanno strati a legante schiumato e/o legato all'emulsione, si riferiscono ai diversi momenti di maturazione di questi materiali valutati in riferimento al periodo di esecuzione delle misure (a un mese, a sei mesi e ad un anno dalla stesa dell'ultimo strato); Nel caso di uso di legante cementizio le misure andranno fatte almeno 3 giorni dopo la stesa.

La misurazioni di accettazione si faranno sulle pavimentazioni finite al massimo entro un anno dalla stesa dell'ultimo strato.

Nell'ambito dei Risanamenti Superficiali (RS) la portanza sarà valutata attraverso l'indicatore strutturale IS_{200} , corretto con la temperatura dell'aria come di seguito descritto, valutato e rilevato, con le stesse modalità ed attrezzature sopra descritte ma giudicato attraverso la tabella di controllo seguente:

Tipologia lavorazione	$IS_{200_{14^{\circ}C}}$ misura FWD con pressione applicata 1700 KPa	$IS_{200_{14^{\circ}C}}$ misura TSD con pressione applicata 850 KPa
RSA1	138	55
RSB1	171	67
RSA2	133	53
RSB2	158	63

Per il calcolo dell'Indice Strutturale 200 (IS_{200}) è necessario registrare anche la deflessione a 900 ed a 1500 mm dal centro del carico da cui si ottiene il fattore correttivo del sottofondo.

Il valore corretto con il sottofondo IS_{200cf} è fornito dalla seguente espressione:

$$\frac{IS_{200cf}}{IS_{200}} = (f - 0,50 \times LOG(IS_{FOND}))$$

Dove $IS_{FOND} = D_{900} - D_{1500}$, essendo le deformazioni misurate in $m \cdot 10^{-6}$ rispettivamente a 900 e 1500 mm dal centro del carico, f è il fattore correttivo che vale 1,94 per le prove eseguite con l'apparecchiatura FWD o HWD e 1,77 per le prove eseguite con l'apparecchiatura TSD.

IS_{FOND} rappresenta il comportamento del sottofondo⁶.

⁶ IS_{FOND} è una misura della capacità portante fornita dagli strati inferiori non legati.

Le misure dell'Indice Strutturale (IS) effettuate con i passi indicati andranno analizzate per tratte omogenee.

Prima di detta analisi si dovranno riportare alla temperatura di riferimento dell'aria di 14°C tutti i valori di IS300 e IS200 rilevati.

La trasformazione riguarderà le sole temperature in quanto tutte le prove, per il tratto in esame, si intendono eseguite in un tempo circoscritto (poche settimane), per cui la curva di controllo da scegliere sarà relativa al primo giorno di esecuzione dei rilievi.

Il valore corretto con temperatura dell'aria di IS300 o IS200, è fornito dalla seguente espressione:

$$\frac{IS_{14^{\circ}C}}{IS_t} = e^{c \times (14 - t)}$$

dove $IS_{14^{\circ}C}$ è il valore dell'Indice Strutturale riportato alla temperatura di riferimento dell'aria di 14°C

IS_t è il valore dell'Indice Strutturale nelle condizioni di prova

t è la temperatura dell'aria nelle condizioni di prova in °C

c è il coefficiente che vale 0,037 per gli interventi di tipo RP o NC e 0,022 per gli interventi di tipo RS.

La successiva definizione delle tratte omogenee della portanza sarà effettuata con i valori così ricavati utilizzando il programma di calcolo fornito dal CSS.

Per TRATTA OMOGENEA si intende quel tratto di pavimentazione in cui i valori dell'indicatore sono statisticamente poco dispersi intorno ad un valore medio.

I valori medi di IS ricavati per ciascuna TRATTA OMOGENEA dovranno risultare minori o uguali alle prescrizioni riportate.

DETRAZIONI

La detrazione sarà applicata in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori dell'intero pacchetto ricostruito (inteso costituito da fondazione, base, binder ed usura), determinato come somma dei prezzi dei singoli strati componenti sulla base dei relativi spessori di progetto; tale detrazione varrà per tutto il tratto omogeneo a cui si riferisce.

La detrazione corrisponderà alla metà dei punti percentuali di cui l'Indice Strutturale, alla temperatura di riferimento di 14°C, differisce in aumento rispetto al valore limite prescritto per la tipologia di intervento ed il tempo di maturazione (esemplificando, se la differenza è del 6% rispetto al valore prescritto, la penale sarà del 3%).

Se le differenze dell'IS raggiungessero il 40% in aumento, il lavoro non sarà considerato accettabile, e la DL, anche tenendo conto dell'estensione e della distribuzione delle tratte omogenee carenti, potrà richiedere il suo rifacimento a completa cura e spese dell'Appaltatore.

Non si accetteranno richieste di misure a tempi di maturazione più elevati qualora le misure effettuate a tempi di maturazione più bassi abbiano dato esito negativo, salvo casi particolari certificati dalla DL.

11.5 VALUTAZIONE DEGLI SPESSORI DEGLI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO DI UNA PAVIMENTAZIONE STRADALE

Gli spessori degli strati della pavimentazione costituiscono il **dato prestazionale strutturale**.

La misura dello spessore per gli strati bituminosi sarà effettuata mediante carotaggi della pavimentazione.

Le misure con carotaggi, saranno effettuate con gli strumenti del CSS o anche da Laboratori accreditati ISO9001, purché operanti con le specifiche ed attrezzature verificate preventivamente dal CSS⁷;

DETRAZIONI

La detrazione sarà applicata in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori dell'intero pacchetto ricostruito, determinato come somma dei prezzi dei singoli strati componenti sulla base dei relativi spessori di progetto; tale detrazione varrà per tutto il tratto omogeneo a cui si riferisce.

La detrazione corrisponderà a tre volte i punti percentuali di cui lo spessore complessivo, indipendentemente dalla sua composizione, differisce in diminuzione rispetto ai valori di progetto, ammettendo una tolleranza massima del 7% (esemplificando, se la differenza è del 10% rispetto al valore di progetto, la penale sarà del $((10 - 7) \cdot 3) \% = 9 \%$); se invece la differenza raggiungesse il 25%, esclusa la tolleranza, la DL, anche tenendo conto dell'effettiva estensione e della distribuzione delle tratte omogenee carenti, potrà richiedere il suo rifacimento a completa cura e spese dell'Appaltatore.

11.5 BIS PENALI PER INCONGRUENZE RELATIVE ALLA % DI VUOTI, RESISTENZA A TRAZIONE, LOS ANGELES

Si procederà ad una detrazione sull'importo della lavorazione, calcolata secondo la seguente formula, che fornisce il fattore di moltiplicazione C da applicare a detto importo per ottenere il corrispondente valore rettificato, a seguito di riscontrata carenza dei materiali:

- % dei vuoti al di fuori del range di capitolato:

$$C = 1 - 0,01 \cdot (2 \cdot v + v^2)$$

con v = valore assoluto (% vuoti misurata sul punto di prelievo - % vuoti limite da capitolato)

⁷ Le verifiche consisteranno nella misura di tratti indicati dai tecnici del CSS e dall'esame dei risultati ottenuti con l'attrezzatura e le specifiche da validare, tali verifiche non si rendono necessarie se il Laboratorio è accreditato ISO17025.

Esemplificando, se la differenza tra la % dei vuoti misurata sul punto di prelievo e la % dei vuoti limite da capitolato è del 2%, il fattore di moltiplicazione da applicare sarà calcolato come segue:

$$C = 1 - 0,01 \cdot (2 \cdot 2 + 2^2) = 0,92$$

Valori dei vuoti superiori al 12% per gli strati di usura chiusa comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura. In caso di usura drenante (anche con argilla espansa), la rimozione dello strato è prevista quando la percentuale dei vuoti è inferiore al 14%.

- Resistenza a trazione indiretta R_t al di fuori dei limiti da capitolato:

per i conglomerati a caldo:

$$C = 1 - 0,01 \cdot (5 \cdot r + 2 \cdot (10 \cdot r)^2)$$

con r = valore assoluto (R_t limite da capitolato - R_t misurata)

Ai fini dell'applicazione della penale, il valore massimo di R_t determinato su miscele sfuse di conglomerato bituminoso prelevate in cantiere e successivamente riscaldate in laboratorio è aumentato di 0,25.

Per le basi a freddo il fattore di moltiplicazione C viene invece calcolato mediante la seguente formula:

$$C = 1 - 0,01 \cdot (50 \cdot r + 4 \cdot (10 \cdot r)^2)$$

- Valore LA al di fuori dei valori di capitolato

$$C = 1 - 0,1 \cdot (LA \text{ misurata} - LA \text{ limite da capitolato})/3$$

Esemplificando, se la differenza tra la LA misurata e la LA limite da Capitolato è pari al 3%, il fattore di moltiplicazione C da applicare sarà calcolato come segue:

$$C = 1 - 0,1 \cdot 3/3 = 0,90$$

11.5 TER ANCORAGGIO DEGLI STRATI DI PAVIMENTAZIONE

1) Interfaccia tra usura e strato sottostante

L'**ancoraggio** del tappeto di usura allo strato sottostante (nuovo o preesistente), viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

a) Interfaccia tra usura tradizionale e strato sottostante

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 12 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove **t** è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato di usura e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

b) Interfaccia tra usura con bitume modificato e strato sottostante

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 15 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove **t** è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 15 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato di usura e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

2) Interfaccia tra binder e strato sottostante

L'**ancoraggio** del binder allo strato sottostante (nuovo o preesistente), viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di **resistenza al taglio** inferiori a 12 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove **t** è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato del binder ed eventualmente anche dello strato di usura, qualora già realizzato, e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo (rete, geomembrana, ecc.) il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 10 kN.

12 DRENAGGI

12.1 DRENAGGI TRADIZIONALI (ESTERNI ALLE ZONE PAVIMENTATE)

I drenaggi dovranno essere formati con pietrame, ciottolame o misto di fiume e posti in opera su platea in calcestruzzo; il cunicolo drenante di fondo sarà realizzato con tubi di cemento disposti a giunti aperti o con tubi perforati di acciaio zincato.

Il pietrame ed i ciottoli saranno posti in opera a mano con i necessari accorgimenti in modo da evitare successivi assestamenti. Il materiale di maggiori dimensioni dovrà essere sistemato negli strati inferiori mentre il materiale fino negli strati superiori.

La DL potrà ordinare l'intasamento del drenaggio già costituito con sabbia lavata. L'eventuale copertura con terra dovrà essere convenientemente assestata. Il misto di fiume, da impegnare nella formazione dei drenaggi, dovrà essere pulito ed esente da materiali eterogenei e terrosi, granulometricamente assortito con esclusione dei materiali passanti al setaccio 0,4 della serie UNI.

12.2 DRENAGGI CON FILTRO IN "NON TESSUTO" (ESTERNI ALLE ZONE PAVIMENTATE O EFFETTUATI PRIMA DI STENDERE LE PAVIMENTAZIONI)

In terreni particolarmente ricchi di materiale fino o per il drenaggio laterale delle pavimentazioni i drenaggi potranno essere realizzati con filtro laterale in tessuto "non tessuto" costituito da fibre sintetiche e filamenti continui coesionati mediante agugliatura meccanica o a legamento doppio con esclusione di colle o altri componenti chimici. Il geotessile non dovrà avere superficie liscia, dovrà apparire uniforme, essere resistente agli agenti chimici, alle cementazioni abituali in ambienti naturali, essere imputrescibile e atossico, avere buona resistenza alle alte temperature, essere isotropo.

In ogni caso i materiali dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio e dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla DL. Il materiale da usare dovrà avere una resistenza a trazione su striscia di almeno 2 kN/mt (UNI-EN 10319) e buone caratteristiche filtranti (sotto un peso di 2 kg/cm² lo spessore del non tessuto dovrà essere non inferiore a 0,5 mm); il peso minimo accettabile del tessuto non tessuto sarà invece di 350 grammi/m².

I vari elementi di non tessuto dovranno essere cuciti tra di loro per formare il rivestimento del drenaggio; qualora la cucitura non venga effettuata, la sovrapposizione degli elementi dovrà essere di almeno 50 cm.

La parte inferiore dei non tessuti, a contatto con il fondo del cavo del drenaggio e per un'altezza di almeno 5 cm sui fianchi dovrà essere impregnata con bitume a caldo (o reso fluido con opportuni solventi che non abbiano effetto sul poliestere) in ragione di almeno 2 kg/m². Tale impregnazione potrà essere fatta prima della messa in opera nel cavo del non tessuto stesso o anche dopo la sua sistemazione in opera. L'impregnazione potrà anche essere usata in altri punti per impedire la filtrazione e/o il drenaggio nel punto impregnato. Dal cavo dovrà fuoriuscire la quantità di non tessuto necessaria ad una doppia sovrapposizione della stessa sulla sommità del drenaggio (due volte la larghezza del cavo).

Il cavo rivestito verrà successivamente riempito e ben compattato con materiale lapideo pulito e vagliato trattenuto al crivello 10 mm UNI, tondo o di frantumazione, con pezzatura massima non eccedente i 70 mm.

Il materiale dovrà ben riempire la cavità in modo da far aderire il più possibile il non tessuto alle pareti dello scavo.

Terminato il riempimento si sovrapporrà il non tessuto fuoriuscente in sommità e su di esso verrà eseguita una copertura in terra pressata o altro materiale, a seconda della posizione del drenaggio.

12.3 DRENAGGI A SCAVO AUTOMATIZZATO E CON RIEMPIMENTO IN CALCESTRUZZO POROSO (PER DRENARE ZONE GIÀ PAVIMENTATE)

I drenaggi laterali delle pavimentazioni lungo la mezzera della corsia di emergenza dovranno essere realizzati mediante uno scavo di larghezza non inferiore a 30 cm eseguito con idonea fresatrice automatica.

Lo scavo dovrà raggiungere una profondità di almeno 30 cm sotto il piano di posa dello strato di fondazione della pavimentazione.

Nel caso che la pendenza esistente nella pavimentazione non sia sufficiente a garantire un rapido smaltimento delle acque (minore dell'1,0%) la profondità del cavo dovrà essere variabile in modo da consentire lo scorrimento delle acque verso gli scarichi.

Verrà sempre impiegato un filtro in tessuto non tessuto analogo a quello descritto nel precedente articolo 12.2. con le stesse modalità di impiego.

Il fondo di detto non tessuto dovrà essere impermeabilizzato con bitume, come descritto nel precedente articolo 12.2.; in alternativa si potrà usare sul fondo dello scavo una platea in calcestruzzo di classe R**'b**K 200 kg/cm², dell'altezza media di 5 cm, dopo la messa in opera del "non tessuto" sulla platea, oppure dopo l'impermeabilizzazione con bitume dello stesso "non tessuto".

Per lo smaltimento delle acque si potranno utilizzare materassini in materiale sintetico non putrescibile drenanti rivestiti in "non tessuto" posti in doppio strato a diretto contatto col "non tessuto" di fondo, oppure tubazione in corrugato di p.v.c. del diametro 100 mm microfessurata.

Il cavo rivestito di "non tessuto", con dispositivo di smaltimento delle acque prescelto, verrà successivamente riempito di calcestruzzo poroso.

Il calcestruzzo poroso dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- la quantità di cemento da impiegare dovrà essere pari a 150 kg per m³. del tipo 325 preferibilmente pozzolanico o d'alto forno.
- la resistenza a compressione a 28 giorni dovrà essere maggiore od uguale a 100 kg/cm².
- la dimensione massima degli aggregati dovrà essere di 40 mm.
- le pezzature da usare dovranno essere di 3 tipi:

0/5 per circa 300 kg/m³

5/20 per circa 675 kg/m³

20/40 per circa 675 kg/m³

- l'acqua d'impasto dovrà essere 70-80 litri/m³
- il calcestruzzo maturato dovrà avere una capacità drenante di almeno 20 l/sec/m².

Questo calcestruzzo dovrà inoltre ben riempire la cavità in modo da far aderire il più possibile il "non tessuto" alle pareti dello scavo.

Terminato il riempimento, il calcestruzzo poroso dovrà essere ben vibrato mediante vibrocostipatori o vibratori ad immersione e si sovrapporrà il "non tessuto" fuoriuscente in sommità; su di esso verrà eseguita una copertura in conglomerato bituminoso tipo chiuso (2% dei vuoti della prova Marshall) per uno spessore medio non inferiore a 7 cm.

13 SIGILLATURA DI LESIONI O GIUNTI DI STRISCIATA

- **D.01.053** "Sigillatura delle lesioni delle pavimentazioni"

Gli interventi di sigillatura per chiudere le lesioni o microlesioni presenti sulla pavimentazione longitudinalmente o trasversalmente dovranno essere effettuati tempestivamente in modo da bloccare o contenere il fenomeno di rottura appena questo si manifesta, evitando così la veloce degradazione del tappeto, soprattutto nei casi di distacco del giunto longitudinale di strisciata.

Se le lesioni sono molto diffuse la DL dovrà effettuare una attenta valutazione economica per stabilire l'intervento più idoneo tra quelli elencati nel seguito.

13.1 SIGILLATURA DELLE LESIONI DELLA PAVIMENTAZIONE ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA

La sigillatura delle lesioni delle pavimentazioni eseguita con bitumi modificati colati a caldo dovrà essere effettuata con particolari idonee attrezzature in grado di effettuare operazioni di pulitura delle stesse lesioni per tutta la profondità e colatura del sigillante fino alla loro completa otturazione.

Si procederà, se necessario, alla apertura delle fessure mediante idonea attrezzatura per una larghezza ed una profondità di almeno 2 cm.

Con il getto di aria immesso nelle fessure per mezzo della lancia si dovrà procedere alla perfetta e profonda pulitura della lesione, impiegando poi una lancia a caldo (soprattutto in condizioni di elevata umidità e basse temperature) per asciugare la fessura e favorire l'adesione del bitume.

Il sigillante sarà del tipo bitume modificato Hard (come indicato alla tab. 7.B) uniformemente riscaldato alla temperatura di consistenza fluida sarà versato con apposito dispositivo nell'interno della lesione fino alla sua completa otturazione assicurando la saturazione di eventuali microlesioni superficiali ai bordi della stessa lesione con la creazione di una striscia continua della larghezza variabile da 2 a 5 cm.

13.2 SIGILLATURA DELLE LESIONI DELLE PAVIMENTAZIONI ESEGUITA CON NASTRO BITUMINOSO PREFORMATO E AUTOADESIVO

Il nastro bituminoso deve essere impiegato per sigillare e chiudere lesioni sulle usure e sui drenanti con la funzione di impedire (o diminuire) l'entrata dell'acqua nella lesione e evitare la disgregazione della pavimentazione intorno alla lesione. Il nastro è composto da bitume 80/100 modificato con SBSr al 15-18% in peso con larghezza compresa tra 40 e 100 mm e spessori 4 + 0,2mm

Parametri richiesti:

Palla e anello (°C)	>200
Penetrazione (dmm)	10-30
Ritorno elastico % (perpendicolare alla superficie di attacco)	≥ 60%
Adesività sul calcestruzzo N/cm ² (sec DIN 1996 parte 19 mod)	≥ 708
Scorrimento verticale a 60°C per 5 ore N/cm ² (sec SNV 671916) %	≤ 1mm

La posa in opera deve essere eseguita su superfici asciutte, prive di elementi scivolosi e di impurità.

La posa in opera deve essere effettuata con temperature dell'aria superiori a 10 °C e dopo la stesa il traffico completa la costipazione ed il fissaggio.

Alla fine della stesa per evitare il rischio di spostamento e/o adesioni tra nastro e pneumatici il nastro deve essere uniformemente cosperso di polveri idonee (polvere di ardesia, calce cemento, gesso o filler).

Il nastro non deve essere utilizzato su:

- lesioni trasversali
- lesioni longitudinali di apertura inferiori a 5mm e superiori a 20mm.

In questi casi si ricorre al bitume modificato (tab. 7.B).

In funzione della larghezza della lesione deve essere usato il nastro adatto: il rapporto tra larghezza nastro e larghezza lesione non deve essere > 2,5

Indicativamente:

Nastro di 40mm per lesioni < 15mm

Nastro di 50mm per lesioni < 20mm

Il nastro di larghezze superiori (es 100 mm) è indicato solo in casi particolari.

13.3 SIGILLATURA DELLA LINEA DI CONTATTO TRA CORDOLO E PAVIMENTAZIONE NEI PONTI E VIADOTTI ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA

Si richiamano espressamente le norme di cui al precedente punto 13.1. Inoltre, in questo caso, occorre aver cura di asportare anche con sistemi tradizionali eventuali parti estranee di conglomerato bituminoso non addensato nella zona fra pavimentazione-cordolo (o New Jersey).

14 ARMATURA DI GIUNTI LONGITUDINALI PER RIDURRE LA TRASMISSIONE DELLE FESSURE E GESTIONE DEGLI SCAVI PER SOTTOSERVIZI

14.1 DESCRIZIONE

Per lavori di pavimentazione in affiancamento a sovrastrutture esistenti o per lavori di rappizzo localizzati, al fine di aumentare la durata a fatica dei conglomerati bituminosi posti a cavallo del giunto di ripresa longitudinale o sopra la zona rappizzata, si potrà richiedere la posa in opera di una guaina bituminosa autoadesiva rinforzata con apposito tessuto non tessuto o geotessile a rete che serva a ridurre la risalita delle fessure presenti sul piano d'appoggio.

14.2 CASO DEL GIUNTO LONGITUDINALE

Dovrà essere preventivamente demolita con apposita fresa a freddo la pavimentazione a cavallo del giunto per una larghezza di 50 cm e per una profondità di almeno 10 cm dalla superficie finita della pavimentazione (secondo quanto scritto in premessa).

Sulla superficie così ottenuta, preventivamente emulsionata, potrà essere posta in opera una guaina prefabbricata autoadesiva a freddo, realizzata da una speciale miscola di gomma e bitume armata di rete di polipropilene all'estradosso superiore della larghezza di 45-50 cm.

Al di sopra di detta guaina verrà steso un conglomerato bituminoso chiuso con le caratteristiche di un binder (art.8.1). al quale si rimanda per tutte le prescrizioni non menzionate espressamente), ma con vuoti giratoria a N3 non superiori a 3%.

La stesa del conglomerato sarà preceduta da spruzzatura con emulsione bituminosa acida al 55% delle pareti verticali della trincea longitudinale; detto conglomerato, ben compattato con apposito rullo vibrante di ridotte dimensioni, verrà successivamente ricoperto dal tappeto di usura finale. La formazione del giunto dovrà essere programmata in modo tale che tra la stesa del binder di riempimento e la sua successiva ricopertura non passino più di 20-30 giorni; si dovrà inoltre evitare di ricoprire un riempimento troppo recente (meno di 20 giorni).

La guaina dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- spessore totale miscola gomma-bitume 1,5 mm
- spessore rete di polipropilene 0,5 mm.
- allungamento longitudinale massimo 30%
- allungamento trasversale massimo 25%
- temperature limite d'esercizio 30°C minimo e 150°C massimo

L'autoadesività della guaina dovrà essere garantita da un foglio protettivo di carta siliconata asportabile all'atto dell'applicazione.

14.3 CHIUSURA DEGLI SCAVI RISULTANTI DA INTERVENTI PER SOTTOSERVIZI.

Per la posa di sotto servizi, sarà sempre preferibile evitare la rottura della continuità della pavimentazione stradale, privilegiando la costruzione di appositi cunicoli a fianco della strada od operando gli scavi nella zona a lato della pavimentazione, ad almeno 40 cm dalla striscia di bordo corsia.

Dove è necessario intervenire con la rottura della pavimentazione stradale, per poter procedere alla realizzazione di impianti per sotto servizi ex novo, alla sostituzione parziale o alla riparazione di quanto esistente, si deve procedere al taglio del manto di asfalto con l'utilizzo di seghe adeguate, in modo da non sollecitare la pavimentazione non interessata allo scavo; seguirà la rimozione della parte legata e lo scavo con idonee scavatrici del materiale in sottofondo; in alternativa, in luogo della sega potranno essere usate idonee fresatrici a freddo per la rimozione della pavimentazione legata.

Se la realizzazione dell'intervento per sotto servizi si dovrà protrarre per più tempo, potrà essere richiesta la chiusura dello scavo e il reintegro della sede stradale ad ogni fine giornata lavorativa.

La chiusura finale degli scavi potrà essere quindi divisa in due tempi e con modalità diverse, elencate di seguito.

14.3.1 CHIUSURA DELLO SCAVO TEMPORANEO PER LA SICUREZZA DELLA CIRCOLAZIONE STRADALE

Questo tipo di chiusura andrà eseguito solo se non possono essere lasciati aperti gli scavi per il tempo sufficiente al completamento della posa dei sotto servizi.

L'intervento, da eseguire alla fine dei lavori giornalieri è richiesto per non lasciare la superficie stradale con buche, irregolarità o materiale rimuovibile, pericoloso per il transito libero soprattutto di motocicli, è da considerarsi appunto una chiusura provvisoria, perché soggetta all'asestamento naturale ed alla qualità delle lavorazioni e dei materiali utilizzati.

La compattazione del materiale di riempimento potrà essere non completa visto che la chiusura è provvisoria; la finitura superficiale, facilmente rimuovibile sarà in materiale bituminoso a caldo di spessore di almeno 5 cm.

14.3.2 CHIUSURA DEFINITIVA CON REINTEGRO DELLE CONDIZIONI ORIGINALI DELLA SEDE STRADALE

La chiusura definitiva avverrà in due tempi, alla fine dei lavori di sistemazione del sotto servizio.

Si procederà dapprima al riempimento della parte scavata nel terreno e nel sottofondo della pavimentazione, usando materiali aridi impastati con legante cementizio (circa 4-5% in peso) ed acqua, stesi in strati successivi di spessore non superiore ai 30-40 cm ed idoneamente compattati, fino a raggiungere la quota inferiore dei conglomerati bituminosi. Si procederà poi, fino al raggiungimento della quota di superficie della pavimentazione, con conglomerato bituminoso a caldo di tipo binder, ricavato anche usando materiali fresati (vedi premessa).

Il riempimento dovrà poi essere lasciato sotto traffico per un periodo di almeno 30 giorni in modo da permettere l'eventuale assestamento del riempimento sottostante, qualora non sia stato adeguatamente compattato. Seguirà una fresatura a freddo della zona a cavallo dello scavo per una larghezza del medesimo, aumentata di 30+30 cm ai due lati, per una profondità pari allo spessore dello strato di usura presente sulla strada. Il cassonetto così ricavato, dopo stesa di conguaglio, per colmare eventuali cedimenti intercorsi nel periodo di attesa, sarà riempito, usando idonea vibrofinitrice, con conglomerato di usura sempre a caldo, dello stesso tipo e spessore dell'usura preesistente, da compattare in modo da ottenere una perfetta complanarità della zona trattata.

14.3.3 CASO DEL GIUNTO TRASVERSALE (INIZIO E FINE LAVORAZIONI DI PAVIMENTAZIONI NUOVE IN CONTINUAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI ESISTENTI)

Per lavori di pavimentazioni in avanzamento a sovrastrutture esistenti, le stesse dovranno essere preventivamente demolite per una profondità minima dello spessore dello stato da ricreare raccordandosi in avanzamento nella misura di 2 m/cm. Al termine della lavorazione il raccordo dovrà avvenire con le stesse modalità.

15 RIPARAZIONE SUPERFICI DEGRADATE DI LIMITATA ESTENSIONE

La riparazione di piccole e circoscritte superfici di pavimentazione ammalorata più o meno diffuse nell'ambito di una corsia o di una carreggiata, sarà effettuata con interventi limitati ai punti ammalorati ed al loro intorno secondo esplicita richiesta della DL.

Questi interventi dovranno essere realizzati con modalità e con impiego di materiali rispondenti alle norme tecniche definite per ciascuna categoria di lavoro.

In particolare dovranno essere impiegate squadre di lavoro attrezzate con frese, finitrici e rulli di idonee dimensioni per essere facilmente trasportate con carrellone ed in grado di realizzare il lavoro a perfetta regola d'arte.

Potranno altresì essere impiegate attrezzature per la rigenerazione in sito della pavimentazione di ridotte dimensioni (max 1,20 m di larghezza), quando gli ammaloramenti in atto non superano lo spessore di 7-8 cm.

In questi casi il lavoro dovrà essere realizzato secondo quanto previsto nell'articolo 8 compensato a misura secondo il prezzo di elenco.

15.1 CASO DEI RAPPEZZI LOCALIZZATI

- **D.01.050** "Esecuzione dei rappezzi localizzati"

I rappezzi sono intesi come trattamenti di alcuni m², distaccati tra loro e tesi a riparare in modo provvisorio, ma durevole zone degradate della pavimentazione limitate nello spazio.

Essi sono di due tipi, a seconda del degrado presente

15.1.1 CASO DI DEGRADO DIFFUSO CON BUCHE GIÀ PRESENTI NON CONTIGUE E NON DIFFUSE

Il rappezzo sarà costituito da un tappeto di conglomerato bituminoso a caldo steso a mano e rullato con piastre vibranti oppure da un trattamento di emulsione modificata e graniglia, eventualmente steso in più strati nelle zone più degradate e o depresse rispetto ai piani di rotolamento.

Potranno anche essere usate sopra lo strato iniziale di emulsione, anche fibre di vetro di alcuni cm di lunghezza, spruzzate sul legante di attacco, prima della posa delle graniglie

Le poche buche profonde eventualmente presenti dovranno essere trattate prima del rappezzo con la tecnica descritta all'Art.16.

15.1.2 CASO DI DEGRADO DIFFUSO MA CON BUCHE GIÀ PRESENTI CONTIGUE E/O DIFFUSE

Questi rappezzi devono essere preparati con accurata demolizione del materiale degradato, con minifresa che riquadri anche i bordi; spianamento del fondo anche con apporto di materiale prebitumato fine ed impregnazione con emulsione acida al 60% di tutte le superfici orizzontali e verticali; i degradi localizzati (buche) non comprendibili nelle zone riquadrate saranno trattati come detto all'art.16.

Seguirà il riempimento e la compattazione con rulli di adeguate dimensioni.

Non si dovranno superare i 10 cm per ogni strato data la difficoltà di ben compattare spazi ridotti.

Al fine di aumentare la durata a fatica dei conglomerati bituminosi posti sopra la zona rappezzata, si potrà richiedere la posa in opera di una guaina bituminosa autoadesiva rinforzata con apposito tessuto non tessuto o geotessile a rete che serve a ritardare la risalita delle fessure presenti sul piano d'appoggio.

Per buche in zone a traffico elevato, dopo la stesa della mano di attacco andrà steso il conglomerato bituminoso di riempimento che non dovrà essere a freddo (bitumi flussati), ma a caldo e preferibilmente modificato con idonei plastomeri, aggiunti nel mescolatore (3-4 kg/t di conglomerato bituminoso) oppure altri preparati a base cementizia a pronta presa da usare in presenza di acqua.

I rappezzi fatti in condizioni climatiche avverse potranno essere realizzati con materiali a freddo, ma le riparazioni dovranno essere ripetute con conglomerato a caldo e con i metodi sopra descritti.

Qualora i rappezzi effettuati con fresa e riempimento lascino non trattate le zone ad esse circostanti, in cui sono presenti lesioni a pelle di cocodrillo, dette zone potranno essere trattate con i sistemi descritti all'art 15.1.1

16 TRATTAMENTO FUNZIONALE DELLE BUCHE (INTERVENTI PUNTUALI)

- **D.01.057** "Trattamento funzionale delle buche (interventi puntuali) non maggiore di 0,5 m²"

Questi interventi dovranno essere realizzati con modalità e con impiego di conglomerati idonei evitando, ove possibile, l'impiego dei conglomerati a freddo in sacchi.

La Committente si riserva la facoltà di provare attrezzature per test su strada finalizzate alla riparazione delle buche.

Gli interventi dovranno garantire una durata maggiore dei 6 mesi, in previsione del rifacimento del tratto interessato.

Dietro approvazione della Committente si potrà operare anche con attrezzature anche automatiche, che tagliano e rimuovono (con margine di sicurezza) la zona interessata dalla buca, con susseguente ripristino del cavo con conglomerato bituminoso a caldo o con emulsione, possibilmente modificata ed adatta allo scopo.

La superficie laterale di taglio e la base dovrà essere netta e ricoperta bitume od emulsione al fine di favorire l'adesione con il conglomerato di ripristino.

Tranne che nei casi improcrastinabili è auspicabile intervenire prima della completa formazione della buca così da intervenire in condizioni meteo e logistiche non di emergenza.

17 APPENDICE

17.1 INDICAZIONI SUI CRITERI PROGETTUALI

Le soluzioni progettuali riportate indirizzano le scelte del Compartimento finalizzate alle Riparazioni Superficiali di Soccorso (RSS), ai Trattamenti Superficiali (TS) ed alla ricostruzione, od al rafforzamento, delle pavimentazioni esistenti, classificabili come Risanamenti Profondi (RP) e Risanamenti Superficiali (RS).

Le soluzioni di progetto (ubicazione degli interventi, tipologia e spessori degli strati), che si intendono realizzare, saranno comunque definite nel dettaglio dagli Uffici Tecnici dei Compartimenti tenendo conto delle condizioni locali; le scelte progettuali che portano alle perizie saranno di norma basate su di un giudizio visivo dello stato superficiale della pavimentazione da risanare ottenute con rilevamenti tradizionali o, preferibilmente, con i rilievi ad alto rendimento eseguite con le apparecchiature ERMES, per la definizione delle caratteristiche superficiali, TSD, per la definizione delle caratteristiche profonde e Cartesio, per la definizione degli ammaloramenti superficiali e delle geometrie, le analisi semiautomatiche potranno essere effettuate con il software di gestione SW STRADE, il tutto integrato con il livello di traffico esistente presente nei tratti in cui intervenire.

Il CSS potrà, in base ai progetti ricevuti direttamente o tramite Direzione di Esercizio, suggerire modifiche, precisazioni ed approfondimenti, specialmente nel caso in cui le soluzioni si discostino in modo rilevante rispetto a quelle proposte.

Le caratteristiche peculiari dei tipi di intervento inseriti nelle soluzioni suggerite, correlate alle prescrizioni e prestazioni richieste dalle Norme Tecniche per la formulazione e la verifica dei materiali da utilizzare, sono:

- Dimensionamento dei pacchetti attraverso l'impiego di metodi razionali di calcolo utilizzando curve di fatica specifiche che permettono di calcolare la vita utile dell'intervento;
- Massimo riutilizzo possibile dei materiali fresati e altri materiali marginali disponibili con facilità sul luogo dell'intervento, valutati e verificati nei calcoli di durata a fatica, per ridurre trasporti e costi e preservare l'ambiente;
- Definizione dei criteri generali di lavorazione per tenere presente le problematiche di applicazione pratica su strade in esercizio; gli spessori previsti sono correlati alle necessità di portanza ed anche alla realizzabilità connessa con le tecniche impiegate;
- Impiego generalizzato di bitumi modificati, per incrementare le durate con certezza di risultato;
- Definizione dei metodi di verifica prestazionali, sui materiali singoli, sulle miscele⁸ e sulle lavorazioni complete. Per queste ultime vengono assegnati livelli prestazionali, misurabili ad alto rendimento, così definiti e classificati:

⁸ Le singole miscele di conglomerato, vergine o riciclato, potranno essere valutate anche con prove dirette di durata a fatica, le cui attrezzature semplificate saranno utilizzabili anche nei laboratori di cantiere.

Caratteristiche superficiali, valutate attraverso l'indicatore di regolarità IRI - International Roughness Index, la misura dell'aderenza CAT - Coefficiente di Aderenza Trasversale ed attraverso la misura della macrotestitura HS - altezza della macrotestitura della superficie.

Caratteristiche profonde, valutate attraverso la misura della capacità portante effettuata con FWD - Falling Weight Deflectometer o con TSD - Traffic Speed Deflectometer, dei diversi strati realizzati, valutando i bacini di deflessione ottenuti con prove deflettometriche dinamiche.

TIPI DI INTERVENTO

17.2 RIPARAZIONI SUPERFICIALI DI SOCCORSO (RSS)

Questi tipi di interventi superficiali, eseguiti per mettere in sicurezza la pavimentazione e/o per portarne il livello qualitativo a condizioni accettabili, possono essere di tipo localizzato, come i rappezzi o il trattamento funzionale delle buche, oppure estesi, preceduti o meno da un intervento di fresatura.

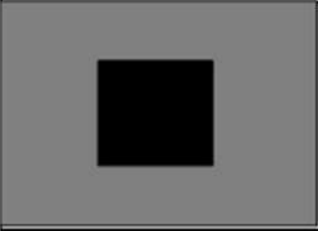
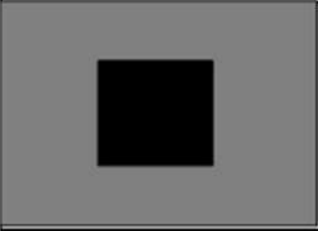
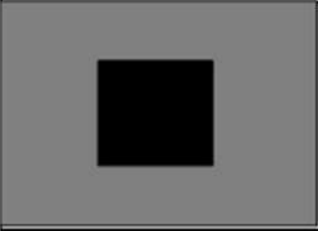



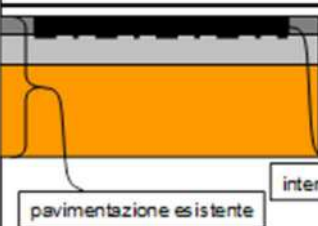
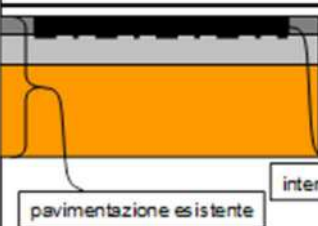
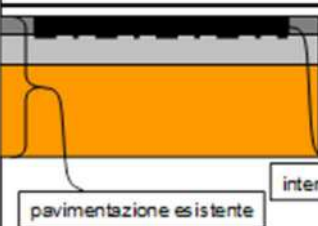



In genere, questi interventi, servono a risanare situazioni di degradi superficiali più o meno accentuati e diffusi, ma, costituiscono soluzioni di breve durata e quindi basso rendimento economico per cui, anche in funzione delle effettive disponibilità economiche, è preferibile adottare altre soluzioni di intervento tipo RP o RS.

Lo spessore del materiale non dovrà essere inferiore a 3 cm ed in genere non superiore a 5 cm e costituisce lo stato di usura.

Gli interventi superficiali di tipo esteso (maggiore di 500 m) sono da adottare al fine di evitare interventi localizzati troppo fitti.

Quando possibile, compatibilmente con i vincoli presenti (presenza di barriere, franchi verticali da rispettare, ecc.), è preferibile effettuare delle ricariche, comunque, la realizzazione del nuovo strato deve essere sempre preceduta dalla stesa di una mano di attacco.

Di seguito sono riportate le tipologie di intervento superficiale ed i loro casi applicativi più frequenti.

RIPARAZIONI SUPERFICIALI DI SOCCORSO							
LOCALIZZATI	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">RAPPEZZI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>Risagomatura in presenza di degradazioni superficiali limitate e circoscritte; l'eventuale presenza di un intervento dello stesso tipo, eseguito precedentemente, può indicare la scarsa efficacia risolutiva dello stesso.</td> </tr> </tbody> </table>	RAPPEZZI			Risagomatura in presenza di degradazioni superficiali limitate e circoscritte; l'eventuale presenza di un intervento dello stesso tipo, eseguito precedentemente, può indicare la scarsa efficacia risolutiva dello stesso.		
	RAPPEZZI						
	Risagomatura in presenza di degradazioni superficiali limitate e circoscritte; l'eventuale presenza di un intervento dello stesso tipo, eseguito precedentemente, può indicare la scarsa efficacia risolutiva dello stesso.						
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">TRATTAMENTO FUNZIONALE BUCHE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>Interventi localizzati e specializzati per risanare le buche della pavimentazione.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">intervento</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">pavimentazione esistente</div> </div> </td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	TRATTAMENTO FUNZIONALE BUCHE			Interventi localizzati e specializzati per risanare le buche della pavimentazione.	<div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">intervento</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">pavimentazione esistente</div> </div>		
TRATTAMENTO FUNZIONALE BUCHE							
	Interventi localizzati e specializzati per risanare le buche della pavimentazione.						
<div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">intervento</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">pavimentazione esistente</div> </div>							
ESTESI	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">FRESATURA E RICOSTRUZIONE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>Risagomatura in presenza di degradazioni superficiali diffuse per dare una superficie continua di intervento con durate comunque limitate.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">pavimentazione esistente</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">intervento</div> </div> </td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	FRESATURA E RICOSTRUZIONE			Risagomatura in presenza di degradazioni superficiali diffuse per dare una superficie continua di intervento con durate comunque limitate.	<div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">pavimentazione esistente</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">intervento</div> </div>	
	FRESATURA E RICOSTRUZIONE						
	Risagomatura in presenza di degradazioni superficiali diffuse per dare una superficie continua di intervento con durate comunque limitate.						
<div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">pavimentazione esistente</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">intervento</div> </div>							
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">RICARICHE O IMBOTTITURE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>idem come sopra anche per ripristinare le pendenze trasversali.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">pavimentazione esistente</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">intervento</div> </div> </td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	RICARICHE O IMBOTTITURE			idem come sopra anche per ripristinare le pendenze trasversali.	<div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">pavimentazione esistente</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">intervento</div> </div>		
RICARICHE O IMBOTTITURE							
	idem come sopra anche per ripristinare le pendenze trasversali.						
<div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">pavimentazione esistente</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">intervento</div> </div>							

TRATTAMENTI SUPERFICIALI (TS)

L'intervento di tipo superficiale, di maggior resa e minor costo su pavimentazioni che hanno solo problemi di aderenza e fessurazioni di ridotta entità e diffusione ma senza sconfigurazioni del piano viabile, è il trattamento superficiale con malte bituminose tipo "slurry seal" (macro-seal) da 6 mm di spessore confezionate e posate a freddo con idonea attrezzatura. Altri trattamenti superficiali sono sconsigliati.

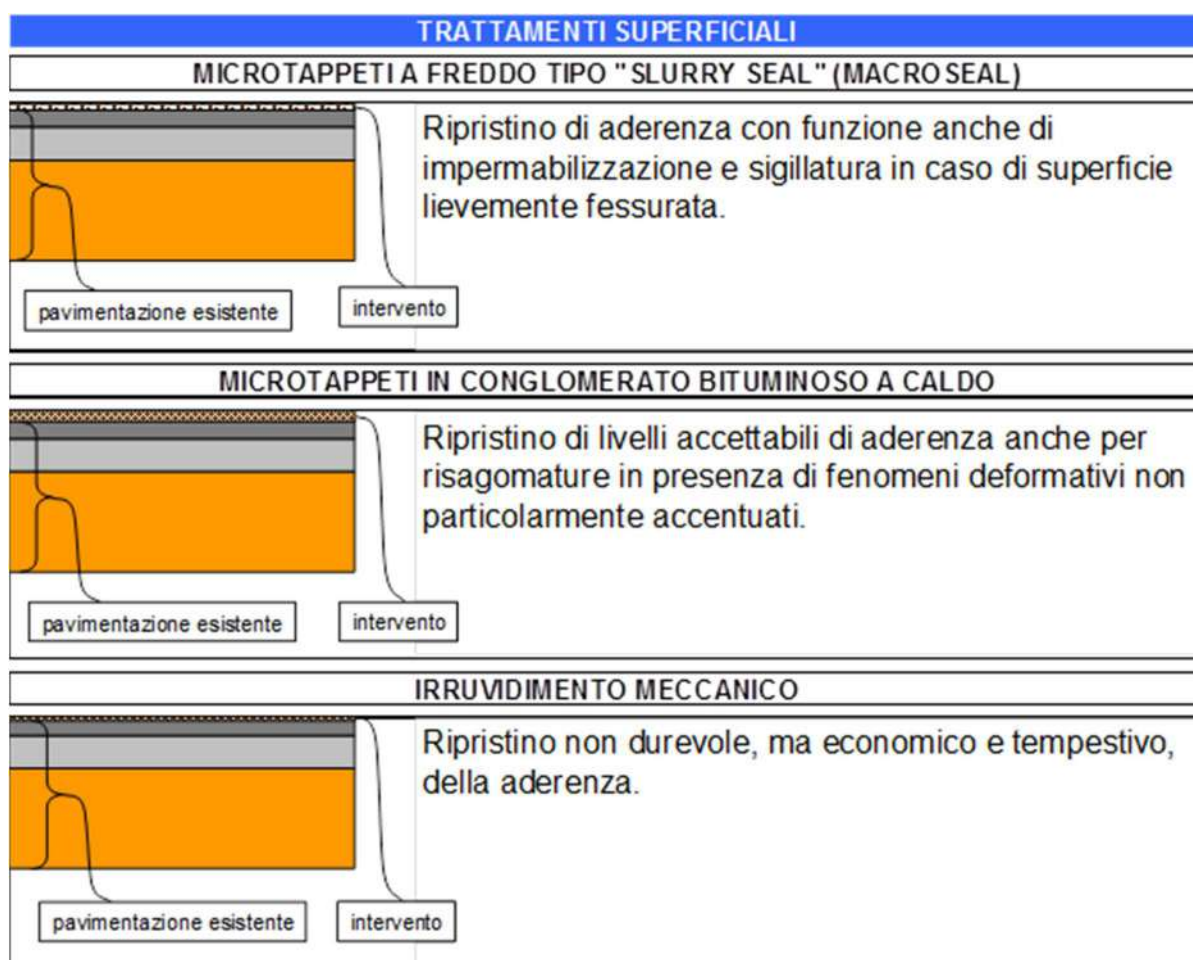
Questi trattamenti superficiali vanno impiegati per il ripristino della aderenza e come impermeabilizzazione o sigillatura di micro lesioni in zone senza cedimenti evidenti.

Altri tipi di intervento superficiali, come i microtappeti, possono rappresentare una soluzione alternativa, sempre nell'ambito degli interventi non durevoli e qualora la regolarità superficiale non sia carente.

La scelta di intervento attraverso l'irruvidimento meccanico può essere previsto esclusivamente in ambiti localizzati per ripristinare livelli accettabili di aderenza nel caso si voglia intervenire rapidamente e con contenuti impegni di spesa.

Tali interventi costituiscono soluzioni temporanee e non durevoli.

Di seguito sono riportate le tipologie di trattamento superficiale ed i loro casi applicativi più frequenti.



17.3 RISANAMENTI SUPERFICIALI (RS)

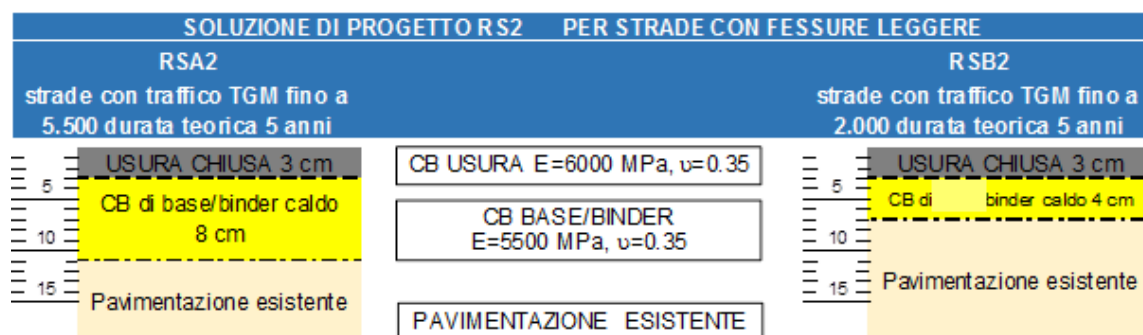
I Risanamenti Superficiali (RS) hanno lo scopo di rinforzare pavimentazioni non completamente degradate, ovviamente non possono garantire una durata equivalente rispetto agli interventi profondi, ma comportano un minore impegno economico, a fronte di minori durate da prendere in considerazione nei progetti.

Gli RS sono realizzati mediante la fresatura degli strati più superficiali della pavimentazione esistente e possono prevedere anche la realizzazione dello strato di usura in copertura con conseguente innalzamento delle quote; anche per questa tipologia di intervento si prevedono soluzioni di differente durata da utilizzare in funzione delle diverse tipologie di traffico circolante.

I risanamenti superficiali sono suddivisi in due tipologie:

- **tipo RS1** da prevedere nel caso di pavimentazione molto degradata (superficie molto fessurata, sconfigurata, rappezzi frequenti, presenza di risalite di limi);
- **tipo RS2** da prevedere nel caso di pavimentazione semplicemente fessurata senza sconfigurazioni della superficie.

per entrambe vengono poi proposte due soluzioni con materiali analoghi, diversi solo negli spessori in funzione del traffico circolante, vedi schemi seguenti.



— . — . — . — . Mano d'attacco con bitume modificato hard

NB le curve di controllo della portanza sono riportate nelle Norme Tecniche all'art. 11.4

I risanamenti superficiali intervengono anche per cause diverse da quelle connesse ai ripristini di portanza, tra le quali si segnalano:

- evidenza di ammaloramenti solo superficiali;
- impossibilità di chiusura al traffico per i periodi necessari alla realizzazione degli RP;
- interventi che dovranno durare solo per un periodo limitato;
- risanamenti che investano aree poco estese.

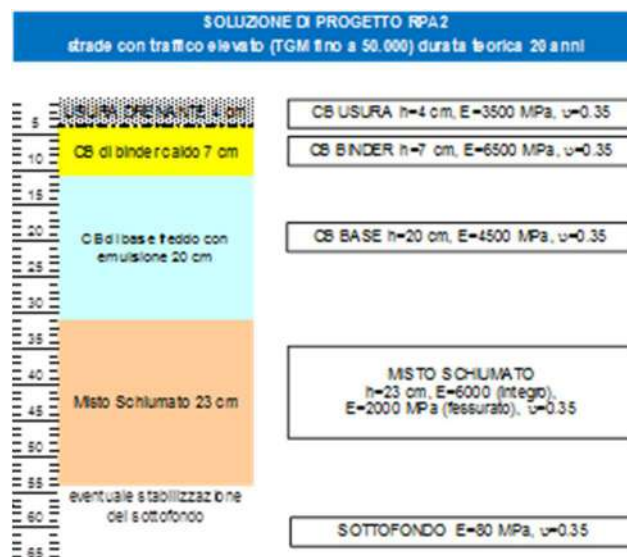
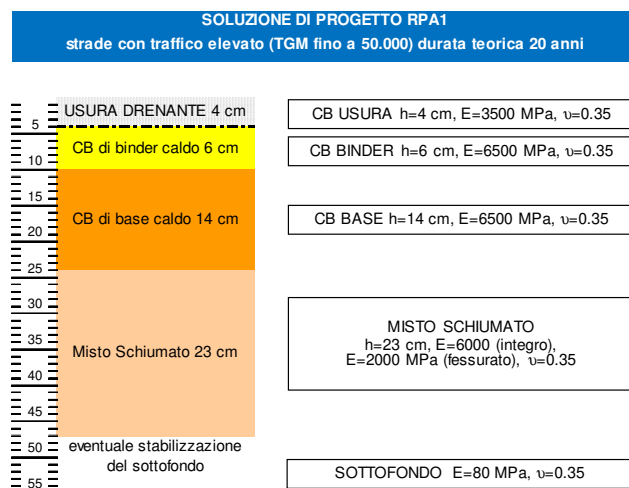
In alcuni di questi casi gli spessori potranno essere ridotti rispetto a quelli indicati ma in caso di variazioni di forte entità sarà necessario il ricalcolo delle curve di riferimento per il controllo prestazionale della portanza.

17.4 RISANAMENTI PROFONDI (RP)

I Risanamenti Profondi (RP) assicurano la riclassificazione in alta durata delle pavimentazioni esistenti; essi comportano una completa demolizione della pavimentazione esistente con parziale o totale riutilizzo dei materiali rimossi.

Tali interventi sono previsti dove la pavimentazione si presenta particolarmente ammalorata e dove si vogliono garantire durate elevate in funzione del traffico effettivamente circolante.

Esistono due categorie di RP a seconda del traffico (TGM); ognuna di esse è suddivisa a sua volta in tre tipologie a seconda dei materiali usati (vedi schemi seguenti) tutte di durata equivalente; la scelta dei materiali e della tecnica conseguente dipenderà dalle condizioni locali (impianti, cave, disponibilità di materiali, pavimentazione esistente). Ricordiamo comunque che per la realizzazione delle fondazioni le tecniche più affidabili sono quelle connesse ai riciclaggi a freddo essendo i risultati con il misto cementato più variabili con le condizioni del cantiere di fabbricazione.







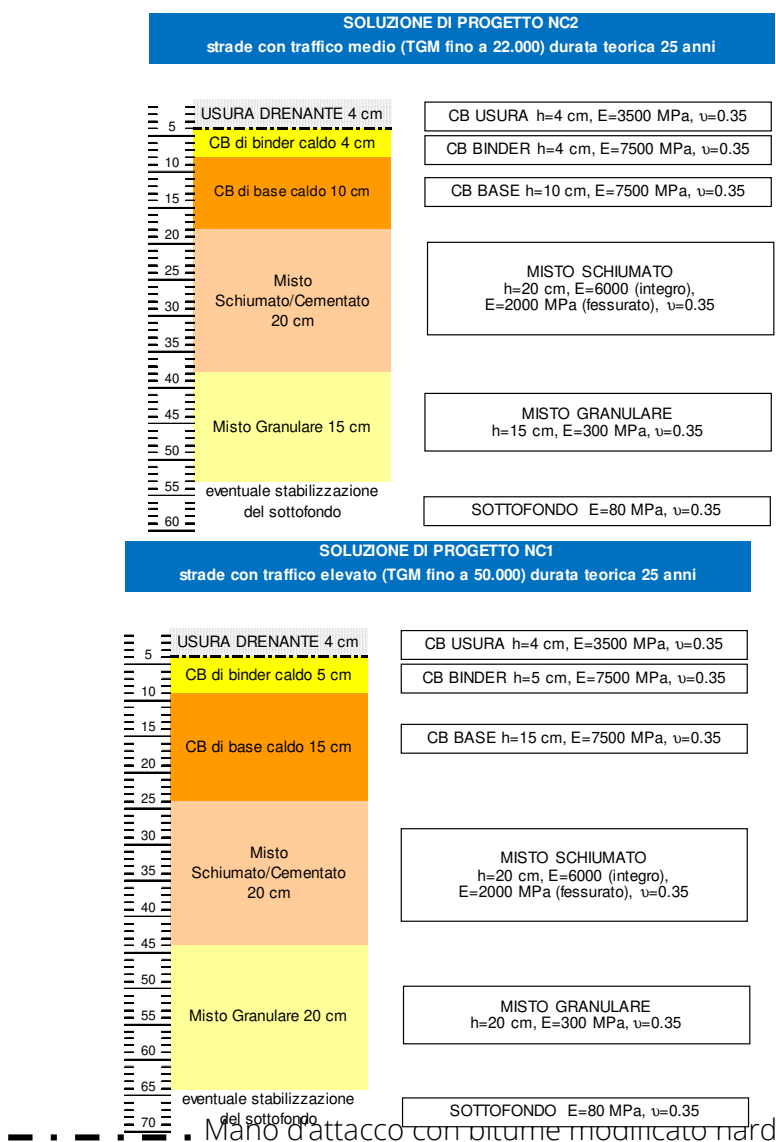
— . — . — . — . Mano d'attacco con bitume modificato hard

NB le curve di controllo della portanza sono riportate nelle Norme Tecniche all'art. 11.4

Le usure, sia drenanti che chiuse, potranno essere variate per motivi di opportunità locale, comunque da dichiarare, usando in alternativa solo i tipi riportati nelle Norme Tecniche.

17.5 PROGETTO DELLE PAVIMENTAZIONI NUOVE COSTRUZIONI (NC)

Nel caso di realizzazione di nuove pavimentazioni, quindi probabilmente senza materiale da riciclare, vanno utilizzate preferibilmente le tipologie di pavimentazione descritte nelle figure seguenti che prevedono uno strato di fondazione in schiumato miscelato in sito (o premiscelato in impianto), preceduto da uno strato in misto granulare, oltre agli strati in conglomerato bituminoso realizzati a caldo sempre con l'utilizzo di bitume modificato.



NB le curve di controllo della portanza sono riportate nelle Norme Tecniche all'art. 11.4

La diversa composizione degli spessori dei vari strati costituenti l'intervento rendono indicativamente la soluzione NC1 idonea in presenza di rilevante traffico tipo autostradale, con percentuali

di veicoli commerciali fino al 20%, mentre la soluzione NC2 può essere idonea in presenza di rilevante traffico tipo strade extraurbane, con percentuale di veicoli commerciali fino al 10%.

Disponendo del TGM (Traffico Giornaliero Medio) e della distribuzione e percentuale dei veicoli commerciali è possibile calcolare il traffico in termini di passaggi di assi equivalenti da 12 t e conseguentemente scegliere la soluzione di intervento più idonea, per il raggiungimento delle durate teoriche attese, in relazione alle curve di fatica dei materiali impiegati.

Potranno essere adottate soluzioni di intervento differenti rispetto a quelle indicate, sia per gli spessori che per le tipologie dei materiali impiegati, tuttavia, dovranno essere adottati i materiali e le tipologie di lavorazione contemplati nelle Norme Tecniche e comunque, attraverso il CSS di Cesano, andranno definite le curve di controllo specifiche per la verifica della portanza valutata attraverso l'indicatore prestazionale IS300.

Lo strato di fondazione con bitume schiumato è da preferire al misto cementato perché garantisce una migliore resa e lavorabilità, tuttavia, se previsto in progetto, il cementato potrà sostituire lo schiumato rimanendo valide le relative curve di controllo per un anno di maturazione ed i relativi calcoli di durata teorica. In alternativa allo strato di usura drenante, anche in funzione delle effettive condizioni locali, è possibile realizzare una usura chiusa in conglomerato bituminoso, sempre con bitume modificato hard e conforme alle tipologie riportate nelle Norme Tecniche, in questo caso non sono previste variazioni sulle curve di controllo.

Le caratteristiche dei materiali da utilizzare sono riportate in specifici paragrafi delle Norme Tecniche a cui si rimanda, per ciascuno di essi è poi assegnata una specifica voce nell'Elenco Prezzi per la determinazione dei costi di intervento.

Si rimanda all'Art. 11.4 per tutte le altre considerazioni.

17.6 INDICAZIONI GENERALI PER LA SCELTA DELLE SOLUZIONI DI INTERVENTO

CRITERI GENERALI DELLE SOLUZIONI DI INTERVENTO PROPOSTE

Nelle tipologie di pavimentazioni proposte, tipo RP, le fondazioni sono realizzate mediante il riciclaggio a freddo con bitume schiumato della fondazione esistente, (con aggiunta di cemento per le resistenze iniziali) o, in alternativa, mediante la realizzazione di uno strato in misto cementato.

In tal caso aumentano gli oneri per la rimozione degli strati esistenti ed i tempi di realizzazione dell'opera, dovendo attendere il livello minimo di maturazione prima di realizzare gli strati superiori; questa soluzione va quindi adottata solo quando le caratteristiche dei materiali in sito non si prestino alla schiumatura e richiedano quindi una rimozione.

Gli strati in conglomerato bituminoso sovrastanti prevedono sempre l'impiego a caldo di bitumi modificati con elastomeri ed un parziale utilizzo di materiale riciclato, oppure, l'impiego di emulsioni bituminose con materiale riciclato fino al 100% mescolati a freddo.

L'impiego di conglomerati bituminosi modificati con plastomeri, direttamente messi nei mescolatori a caldo, non rientra negli interventi risolutivi previsti, in quanto attualmente difficilmente valutabili in termini di durata a fatica e può essere usato solo per rappezzi o interventi localizzati. In futuro verranno meglio valutate le prestazioni per un loro inserimento più esteso.

L'impiego del bitume "tal quale" (TQ), senza aggiunta di modifiche, comporterebbe una forte riduzione della vita utile della pavimentazione di almeno il 30%, rispetto a quanto riportato negli schemi RPi ed RSi; l'impiego di bitume modificato è particolarmente importante negli strati di base.

Lo strato di usura potrà essere realizzato con usura drenante, sempre su tutta la carreggiata e sempre con bitume modificato hard, ma solo per i pacchetti con durate di almeno 5 milioni di assi da 12 t, altrimenti andrà realizzata un usura chiusa da 3 cm o altre miscele indicate nelle Norme Tecniche.

Nel caso dei risanamenti superficiali si è ipotizzata la presenza di uno spessore complessivo di conglomerato bituminoso preesistente di almeno 20 cm (per spessori minori occorre valutare le condizioni del sottofondo o passare ad una soluzione tipo RP). Ricordiamo inoltre che alla base della nuova pavimentazione della zona risanata, nel cavo fresato, sia sempre prevista la stesa di una mano d'attacco con bitume modificato hard.

Nei risanamenti di tipo superficiale si prevede sempre l'impiego di conglomerati bituminosi confezionati a caldo e con bitumi modificati. Lo strato di usura potrà essere realizzato in copertura sull'intera carreggiata, nel caso di carreggiata unica e corsia opposta in cattive condizioni. Lo strato di usura verrà invece realizzato nel cavo, se non si giudica necessario o possibile, realizzarlo su tutta la carreggiata. La necessità, o la possibilità, verrà giudicata a seconda delle condizioni della corsia adiacente, danneggiata o meno, delle quote, dei sovrappassi, dell'impatto sul traffico, ecc..

Le soluzioni proposte e le durate previste risultano valide nel rispetto delle ipotesi qui riportate e potranno essere garantite solamente attraverso il rispetto delle Norme Tecniche prestazionali che dovranno essere allegate ai Contratti di Appalto.

Nelle Norme Tecniche sono fornite le prescrizioni di progetto ed i criteri di valutazione dei materiali da impiegare, nonché i livelli prestazionali richiesti alle nuove pavimentazioni, tutti misurabili ad alto rendimento.

CRITERI DI SCELTA DELLE SOLUZIONI DI INTERVENTO

Le soluzioni di intervento, oltre che dipendere dal traffico, dipendono anche dallo stato di ammaloramento superficiale valutato attraverso rilievi visivi effettuate in sito o con rilievo di immagini acquisite ad alto rendimento ed analisi semi-automatiche.

Nel seguito viene riportata una serie di esempi che rappresentano gli sfondamenti, le fessure definite pesanti e le fessure definite leggere, come più frequentemente si presentano sulla pavimentazioni stradali ammalorate.

La tipologia del difetto, insieme alla sua estensione e gravità, definisce la scelta di intervento da adottare, sempre nel rispetto degli altri vincoli, tra cui quelli economici.

In generale la decisione di effettuare i risanamenti profondi dipende dalla diffusione degli sfondamenti nei singoli tratti stradali, sarà anche necessario effettuare alcuni sondaggi, così come indicato nelle Norme Tecniche; Tali sfondamenti saranno individuati con criteri visuali, l'uso di misure di portanza verrà effettuato nei casi di non chiara definizione.



Indicazioni operative per il progetto:

In mancanza di misure di portanza con conseguente individuazione dei tratti omogenei, la scelta del tipo di intervento si fa individuando il tratto degradato e poi:

- se prevalgono gli **sfondamenti** per più del 30% RPi
- se prevalgono le **fessure pesanti** per più del 40% RS1
- se prevalgono le **fessure leggere** per più del 40% RS2

Lo **sfondamento** è evidenziato dalla risalita di limo; le **fessure pesanti** sono accompagnate da sconfigurazioni del piano viabile; le **fessure leggere** non hanno sconfigurazioni del piano viabile.

Combinazioni diverse dei tre tipi di degrado vanno valutate di volta in volta; se quelli dello stesso tipo sono concentrati e continui, la scelta è agevole; con degradi diversi distribuiti a macchia di leopardo, la scelta sarà dettata da motivi di disponibilità economica.

Comunque negli interventi di tipo RS gli sfondamenti localizzati vanno trattati separatamente, prima dell'intervento corrente, bonificando i sottofondi con materiale granulare non legato o con materiale fresato.

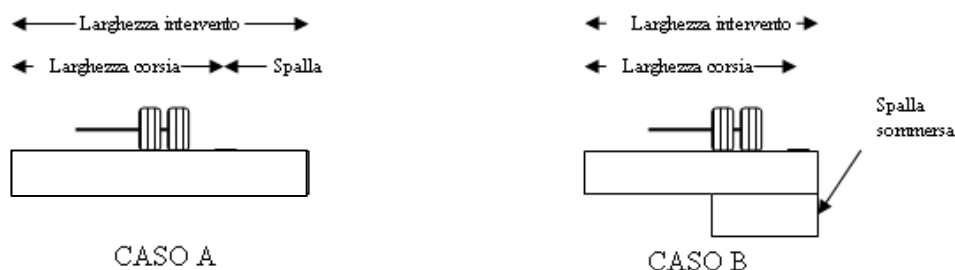
17.7 LUNGHEZZA ED UBICAZIONE TRASVERSALE DEGLI INTERVENTI NELLA SEZIONE STRADALE

Gli interventi dovranno avere una lunghezza minima compatibile con le condizioni della strada e con le tecniche impiegate; occorrerà quindi individuare dei tratti con condizioni omogenee di degrado e, l'eventuale presenza di tratti non degradati o meno degradati di lunghezza inferiore a 50 m ad essi intermedi, andranno risanati con la stessa tecnica dei tratti adiacenti senza interrompere il cantiere; la lunghezza complessiva così individuata dovrà essere di almeno 500 m. Questa misura ottimizza la gestione del cantiere quando si usano macchine complesse come i treni di riciclaggio e non dovrebbe essere disattesa, salvo casi particolari. Comunque gli interventi complessivi sul tratto, anche separati tra loro, devono essere almeno di qualche chilometro per raggiungere una omogeneità di risultato.

È importante posizionare l'intervento nella sezione esistente in relazione ai bordi strada, scegliendo anche la sua larghezza, in modo che sia realizzabile al meglio con macchine operatrici di diverso tipo, onde evitare lavorazioni incomplete nella zona maggiormente transitata dalle ruote del lato destro dei veicoli pesanti.

E' necessario garantire la presenza di una adeguata "spalla" che andrebbe preferibilmente realizzata sul lato esterno della pavimentazione aumentando la larghezza dell'intervento rispetto alla larghezza della corsia, in modo che i veicoli pesanti scorrano ad almeno 40 cm dal bordo della strada, in alternativa, per motivi di spazio, dovrà essere realizzata sotto la pavimentazione, tramite uno scasso da 60 a 100 cm di larghezza e profondità 20 cm, da riempire con lo stesso materiale usato per la fondazione e rullato preventivamente a quest'ultima.

L'indicazione di quanto esposto è riportata nelle figure che seguono.



La spalla, nel caso A, è fatta con gli stessi materiali dell'intervento e si ottiene semplicemente allargando il medesimo nel modo indicato; nel caso B, la spalla si realizza con il materiale della fondazione; la DL, per quest'ultima, potrà decidere modalità e materiali di costruzione diversi a seconda delle macchine operatrici disponibili.

17.8 TRAFFICO DI RIFERIMENTO PER LE SCELTE DEGLI INTERVENTI

Il traffico viene espresso in termini di traffico giornaliero medio (TGM), ed in base alla distribuzione, percentuale e tasso di crescita dei veicoli commerciali, vengono fornite anche le durate in termini di passaggi di assi equivalenti da 12 t.

Di seguito sono riportate le formule di trasformazione per passare da TGM a numero di passaggi di assi equivalenti da 12 t e quindi alle durate in anni.

A = TGM

B = % veicoli pesanti (> 3 t)

C = TGM veicoli pesanti = A * B

D = ripartizione su carreggiata

E = ripartizione su corsia

F = numero veicoli pesanti nel primo anno = C*365*D*E

G = tasso di crescita medio annuo

H = durata teorica di progetto in anni

I = numero complessivo veicoli pesanti di progetto = $F * ((1+G)^H - 1) / G$

L = coefficiente equivalenza veicoli pesanti/ESAL 12t

ESAL 12 t = I*L (noti TGM e durata teorica di progetto in anni)

H = $\text{LOG}(I * G / F + 1) / \text{LOG}(1 + G)$ (noti TGM ed ESAL 12 t)

Si prevedono due diversi livelli di traffico, indicati con le lettere A e B, per gli interventi profondi ed altri due, di entità minore e sempre indicati con le lettere A e B, per i risanamenti superficiali, che di norma dovrebbero essere effettuati solo su strade con traffico modesto.

In caso di riparazioni superficiali di soccorso, localizzate o estese, e per i trattamenti superficiali, i livelli di traffico non vengono considerati rilevanti ai fini della determinazione delle soluzioni di intervento.

TRAFFICO E DURATE TEORICHE DI PROGETTO DELLE PAVIMENTAZIONI

Le durate teoriche di progetto delle pavimentazioni sono espresse in termini di passaggi di assi equivalenti da 12 t trasformando la composizione di traffico dei veicoli commerciali (> 3 t) attraverso coefficienti di equivalenza (per semplicità si può assumere un valore costante pari a 0.4 assi di riferimento da 12 t per veicolo commerciale).

I numeri riportati nel seguito esprimono ordini di grandezza e non dati certi, ma servono per le decisioni di cui si parla.

DURATE TEORICHE DEI RISANAMENTI PROFONDI						
	RPA			RPB		
TGM	80000	50000	30000	30000	22000	10000
anni	15	20	35	15	20	35

DURATE TEORICHE DEI RISANAMENTI SUPERFICIALI						
	RSA			RSB		
TGM	9000	5500	4000	3500	2000	1500
anni	3	5	7	3	5	7

I risanamenti profondi sono calcolati per una durata teorica di 20 anni, mentre le durate teoriche dei risanamenti superficiali sono calcolate per 5 anni.

Naturalmente se si adottassero soluzioni come quelle indicate, per traffici minori o maggiori, la durata teorica corrispondente varierà come ipotizzato in tabella.

Nel caso si operi con semplici ricoperture di 5 cm (per carenze di budget) occorre tenere presente che le durate sarebbero di molto inferiori, come riportato nella tabella che segue.

DURATE TEORICHE DEI RISANAMENTI CON COPERTURA 5 CM			
TGM	6000	3000	2000
anni	1	2	3

Si evince quindi che spesso è preferibile operare con soluzioni di maggior durata, rispetto a quelle dettate dalle carenze budgetarie, infatti, interventi di durata troppo bassa darebbero luogo a tratti stradali sempre in cattive condizioni, per eliminare le quali, si dovrebbero ripetere più volte gli interventi minimi di cui si parla.

E' preferibile quindi operare con soluzioni più durature riducendo eventualmente i tratti su cui si interviene e trattando gli altri con le riparazioni superficiali di soccorso.



Anas S.p.A.

Via Monzambano, 10 - 00185 Roma

www.stradeanas.it



Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

IT.PRL.05.22.1 - Rev. 1.0

Dispositivi di Ritenuta Stradali

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento

Inserire Nome Cognome



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.22.1 - Rev. 1.0
Dispositivi di Ritenuta Stradale

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



INDICE

1	PREMESSA	5
2	PROPRIETA' DELLE BARRIERE DI SICUREZZA STRADALI	7
3	BARRIERE DI SICUREZZA - CLASSE N2	8
3.1	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI	8
4	BARRIERE DI SICUREZZA - CLASSE H1	8
4.1	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI	8
5	BARRIERE DI SICUREZZA - CLASSE H2	9
5.1	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI	9
6	BARRIERE DI SICUREZZA - CLASSE H3	10
6.1	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI	11
7	BARRIERE DI SICUREZZA - CLASSE H4	12
7.1	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI	12
8	BARRIERE DI SICUREZZA STRADALI TIPO ANAS	14
9	PROFILI SALVA MOTOCICLISTI	14
9.1	CARATTERISTICHE TECNICHE	14
10	BARRIERA INTEGRATA ANTIRUMORE E DI SICUREZZA	14
10.1	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI	14
11	TERMINALI	15
11.1	CARATTERISTICHE TECNICHE TERMINALI SEMPLICI	15
11.2	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI TERMINALI SPECIALI	15
12	TRANSIZIONI	15
12.1	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI	16
13	ATTENUATORI D'URTO	16
13.1	CARATTERISTICHE TECNICHE	16
13.2	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI	17
14	SISTEMI AMOVIBILI PER CHIUSURA VARCHI	17
14.1	CARATTERISTICHE TECNICHE	17
14.2	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI	17
15	PROFILI RE-DIRETTIVI PER PROTEZIONI DI INBOCCHI IN GALLERIA	18
15.1	CARATTERISTICHE TECNICHE	18
16	PROFILI RE-DIRETTIVI PER PROTEZIONI DI MURI, PARETI IN GALLERIE O TRINCEE	18



16.1	CARATTERISTICHE TECNICHE	18
17	RETI PARASASSI, ANTISCAVALCAMENTO E RECINZIONI METALLICHE	19
17.1	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI	19
18	ZINCATURA	20
19	MARCATURA CE	20
19.1	MODIFICA DI PRODOTTO	21
20	ACCETTAZIONE DEI MATERIALI E CONTROLLI	21
20.1	ACCETTAZIONE E CONTROLLI DELLA FORNITURA	21
20.2	PROVE SUI MATERIALI	22
20.3	CANTIERI DI SOLA POSA IN OPERA DELLE BARRIERE STRADALI "TIPO" ANAS	24
21	MODALITÀ DI ESECUZIONE	24
21.1	CORRETTA POSA IN OPERA	26
22	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	26
22.1	POSA IN OPERA DELLE BARRIERE STRADALI "TIPO" ANAS	27
23	NON CONFORMITÀ E SANZIONI	27
24	COLLAUDO	28
25	NORMATIVA	29
26	APPENDICE	30



1 PREMESSA

Al fine di garantire le migliori condizioni di sicurezza passiva per tutti gli utenti della strada e per assicurare la protezione delle zone limitrofe della carreggiata stradale e di impedire la fuoriuscita dei veicoli, senza ridurre il livello di servizio delle strade ed autostrade Anas e la qualità delle loro pertinenze, il Progetto della sistemazione su strada dei **dispositivi di ritenuta, redatto da un ingegnere** conformemente a quanto richiesto dall'art. 2 del Decreto 18 febbraio 1992 n. 223 e successive modifiche ed integrazioni, oltre a definire le installazioni a protezione di specifiche zone, lungo tratti saltuari dei cigli della piattaforma stradale, in rilevato, sul bordo di opere d'arte (ponti, viadotti, muri di sostegno ecc.), nonché lungo lo spartitraffico centrale delle strade a doppia carreggiata o delle autostrade, secondo le tipologie generali, le classi indicate e con larghezza operativa compatibile con le dimensioni della strada, in base alle caratteristiche e le modalità tecniche costruttive previste, secondo il disposto del D.M. n. 223 del 18 febbraio 1992 e del D.M. n. 2367 del 21 giugno 2004, dovrà valutare gli spazi presenti, quelli da lasciare a tergo del dispositivo, il tipo di supporto e/o di terreno di infissione, che è parte fondamentale della resistenza del dispositivo, inteso come tipo, addensamento e forma, sul quale insisterà l'infissione o altro tipo di collegamento dei paletti della barriera in acciaio, così da poter garantire un equivalente funzionamento del sistema barriera di sicurezza, rispetto a quello ottenuto nei campi prova certificati UNI CEI EN ISO/IEC 17025 dove i dispositivi sono stati testati al vero secondo quanto disposto dalla normativa vigente. Sarà necessario valutare l'interferenza con le altre funzioni della strada, quali la coesistenza di altri dispositivi come le barriere antirumore o i manufatti di attraversamento, studiare le soluzioni adeguate per il collegamento delle nuove barriere di sicurezza con le altre presenti sulla strada e curare lo smaltimento delle acque.

Occorrerà distinguere le installazioni a seconda che si tratti di protezioni da applicare su:

- **strade esistenti** con sostituzioni o nuova installazione, connessa al degrado degli impianti in essere, **con attenzione prioritaria agli spazi utili per il funzionamento del dispositivo di sicurezza**, in particolare, la normativa vigente permette, in mancanza di spazio, art. 6 del D.M. 2367 del 21/06/2004: *“Per le strade esistenti o per allargamenti in sede di strade esistenti il progettista potrà prevedere la collocazione dei dispositivi con uno spazio di lavoro (inteso come larghezza del supporto a tergo della barriera) necessario per la deformazione più probabile negli incidenti abituali della strada da proteggere, indicato come una frazione del valore della massima deformazione dinamica rilevato nei crash test; detto spazio di lavoro non sarà necessario nel caso di barriere destinate a ponti e viadotti, che siano state testate in modo da simulare al meglio le condizioni di uso reale, ponendo un vuoto laterale nella zona di prova; considerazioni analoghe varranno per i dispositivi da bordo laterale testati su bordo di rilevato e non in piano, fermo restando il rispetto delle condizioni di prova”*;



- nuove costruzioni o ampliamenti di strade esistenti ad esse equiparate, in questo caso i dispositivi di ritenuta dovranno essere **parte integrante del progetto della strada**, il progettista dovr  curare con specifici disegni esecutivi e relazioni di calcolo l'adattamento dei singoli dispositivi alla sede stradale in termini di supporti, drenaggio delle acque, collegamenti tra diversi tipi di protezione, zone di approccio alle barriere, punto di inizio e di fine in relazione alla morfologia della strada per l'adeguato posizionamento dei terminali, interferenza e/o integrazione con altri tipi di barriere.

Tutte le scelte progettuali dovranno essere adeguatamente motivate, le soluzioni adottate dettagliatamente descritte e supportate dagli elaborati grafici redatti in scala adeguata, che compongono il progetto della sistemazione su strada dei dispositivi di ritenuta stradale.

Nel progetto, dopo l'indicazione delle Norme a cui si fa riferimento nella definizione delle soluzioni, saranno prese in esame le valutazioni inerenti:

- classi di resistenza in funzione del tipo di traffico presente e tipologia di strada;
- valutazione dello stato dei luoghi, dello spazio presente e del supporto su cui dovr  insistere il dispositivo di sicurezza in particolare per barriere a nastri e paletti, con la verifica della corrispondenza di comportamento del dispositivo con quello ottenuto nei crash test reali;
- accorgimenti da apportare ai supporti o al dispositivo per ottenere la certezza dell'equivalenza dei comportamenti, qualora difformi da quelli dei crash reali
- lunghezze degli impianti;
- punti di transizioni delle barriere di nuovo impianto con le barriere esistenti con indicazione delle soluzioni previste;
- punti di inizio e fine tratta con i terminali adatti, semplici o speciali;
- individuazione dei punti singolari e loro trattamento specifico.

I dispositivi di ritenuta stradale si distinguono nelle categorie riportate in tabella 1, tutte con marcatura CE tranne quelle specificate.

Tabella 1: Dispositivi di ritenuta stradale

Categorie	Marcatura CE
Barriere di sicurezza laterali	SI
Barriere di sicurezza da spartitraffico	SI
Barriere di sicurezza per opere d'arte	SI
Barriere di sicurezza integrate con barriere antirumore	SI
Profili salva motociclisti (SM)	NO – Segue la modifica di prodotto En 1317-5
Terminali speciali di inizio e fine	NO
Transizioni tra due barriere di sicurezza di tipo e/o	NO



prestazioni diverse	
Dispositivi per l'assorbimento dell'energia di urto quali attenuatori d'urto, letti d'arresto o simili	SI
Sistemi amovibili per chiusura varchi	NO
Protezioni imbocchi in gallerie e piazzole di sosta	NO

2 PROPRIETA' DELLE BARRIERE DI SICUREZZA STRADALI

Di seguito sono riportate le principali caratteristiche prestazionali a cui il progettista della sistemazione su strada dovrà far riferimento per la scelta della barriera di sicurezza da adottare nel progetto.

A.S.I. - Acceleration Severity Index	Si accettano barriere con A.S.I. delle tre categorie secondo quanto disposto dalla UNI EN 1317.
W - Larghezza operativa	Distanza fra il lato rivolto verso il traffico prima dell'urto della barriera di sicurezza e la massima posizione laterale dinamica di una qualunque parte principale della barriera.
W _r - Larghezza operativa ridotta	Per usi su strade esistenti e/o allargamenti in sede il progettista potrà prevedere la collocazione dei dispositivi con uno spazio di lavoro (inteso come larghezza del supporto a tergo della barriera) necessario per la deformazione più probabile negli incidenti abituali. DM 2367/2004.
H.I.C. ₁₅ - Head Injury Criteria	Valore che tiene conto delle accelerazioni nelle tre direzioni che si verificano, durante l'urto, a carico della testa del passeggero, <u>non è obbligatorio</u> , ma costituisce elemento di valutazione aggiuntivo ad integrazione dell'A.S.I... Si consiglia un valore indicativo dell' H.I.C. ₁₅ inferiore o uguale a 400.



3 BARRIERE DI SICUREZZA - CLASSE N2

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **G.02.001.a** FPO di Barriera bordo laterale a nastri e paletti o a muretto, in acciaio o cemento armato o miste o di altri materiali, marcata CE;
- **G.02.001.b** FPO di Barriera bordo laterale a nastri e paletti in legno e acciaio, marcata CE.

3.1 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI

Sono richieste barriere di sicurezza marcate CE con caratteristiche prestazionali corrispondenti a quelle della classe N2, conformi al D.M. 18/02/92 n° 223 e successive modifiche (D.M. 21/06/2004), di qualsiasi tipo, a nastri e paletti, in acciaio o cemento armato o miste o di altri materiali previsti nei Rapporti di Prova.

Tabella 2: Proprietà barriere di sicurezza BL N2

Caratteristica prestazionale	Valore di riferimento
Appartenenza alla stessa classe (livello di contenimento)	N2
Altezza massima nastro	≤75cm
Altezza massima muretto	≤100 cm
Larghezza massima del dispositivo	≤45cm

4 BARRIERE DI SICUREZZA - CLASSE H1

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **G.02.002.a** FPO di Barriera bordo laterale a nastri e paletti o a muretto, in acciaio o cemento armato o miste o di altri materiali, marcata CE.

4.1 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI

Sono richieste barriere di sicurezza marcate CE con caratteristiche prestazionali corrispondenti a quelle della classe H1, conformi al D.M. 18/02/92 n° 223 e successive modifiche (D.M. 21/06/2004), di qualsiasi tipo, a nastri e paletti, in acciaio o cemento armato o miste o di altri materiali previsti nei Rapporti di Prova.

Tabella 3: Proprietà barriere di sicurezza BL H1

Caratteristica prestazionale	Valore di riferimento
Appartenenza alla stessa classe (livello di contenimento)	H1
Larghezza operativa W	≤175 cm
Altezza massima nastro	≤95cm



Altezza massima muretto	≤100 cm
Larghezza massima del dispositivo	≤50cm

5 BARRIERE DI SICUREZZA - CLASSE H2

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- [G.02.003.a](#) FPO di Barriera bordo laterale a nastri e paletti o muretto, in acciaio o cemento armato o miste o di altri materiali, marcata CE;
- [G.02.003.b](#) FPO di Barriera bordo laterale a nastri e paletti in legno e acciaio, marcata CE;
- [G.02.003.c](#) FPO di Barriera spartitraffico monofilare/bifilare a muretto continuo, in acciaio o cemento armato o miste o di altri materiali, marcata CE;
- [G.02.003.d](#) FPO di Barriera bordo ponte a nastri e paletti, in acciaio o di altri materiali previsti, marcata CE;
- [G.02.003.e](#) FPO di Barriera bordo ponte a muretto, in acciaio o cemento armato o miste o di altri materiali, marcata CE;
- [G.02.003.f](#) FPO di Barriera bordo ponte a nastri e paletti in legno e acciaio, marcata CE.

5.1 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI

Sono richieste barriere di sicurezza marcate CE con caratteristiche prestazionali corrispondenti a quelle della classe H2, conformi al D.M. 18/02/92 n° 223 e successive modifiche (D.M. 21/06/2004), di qualsiasi tipo, a nastri e paletti, in acciaio o cemento armato o miste o di altri materiali previsti nei Rapporti di Prova.

Tabella 4: Proprietà barriere di sicurezza BL H2

Caratteristica prestazionale	Valore di riferimento
Appartenenza alla stessa classe (livello di contenimento)	H2
Larghezza operativa W	≤210 cm
Altezza massima nastro	≤95cm
Altezza massima muretto	≤100 cm
Larghezza massima del dispositivo	≤50cm

Tabella 5: Proprietà barriere di sicurezza BL H2 Legno

Caratteristica prestazionale	Valore di riferimento
Appartenenza alla stessa classe (livello di contenimento)	H2
Larghezza operativa W	≤210 cm



Altezza massima nastro	≤95cm
Altezza massima muretto	≤100 cm
Larghezza massima del dispositivo	≤52cm

Tabella 6: Proprietà barriere di sicurezza BP H2

Caratteristica prestazionale	Valore di riferimento
Appartenenza alla stessa classe (livello di contenimento)	H2
Prova effettuata con vuoto a tergo simulante il bordo ponte	SI
Altezza massima nastro	≤95cm
Larghezza massima del dispositivo	≤52cm

Tabella 7: Proprietà delle barriere di sicurezza SP H2 Muretto

Caratteristica prestazionale	Valore di riferimento
Appartenenza alla stessa classe (livello di contenimento)	H2
Larghezza operativa W	≤195 cm
Altezza massima muretto	≤100 cm
Larghezza massima del dispositivo	≤195cm

Tabella 8: Proprietà barriere di sicurezza SP H2 Nastri e Paletti

Caratteristica prestazionale	Valore di riferimento
Appartenenza alla stessa classe (livello di contenimento)	H2
Prova effettuata con vuoto a tergo simulante il bordo ponte	SI
Altezza massima muretto	≤100 cm
Larghezza massima del dispositivo	≤50cm

6 BARRIERE DI SICUREZZA - CLASSE H3

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **G.02.004.a** FPO di Barriera bordo laterale a nastri e paletti in acciaio o di altri materiali, marcata CE;



- **G.02.004.b** FPO di Barriera spartitraffico monofilare a nastri e paletti per spartitraffico centrale in acciaio o di altri materiali, marcata CE;
- **G.02.004.c** FPO di Barriera spartitraffico monofilare a muretto per spartitraffico centrale in acciaio o cemento armato o miste o di altri materiali, marcata CE;
- **G.02.004.d** FPO di Barriera bordo ponte a nastri e paletti in acciaio o di altri materiali, marcata CE.

6.1 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI

Sono richieste caratteristiche prestazionali corrispondenti a quelle della classe H3, conformi al D.M. 18/02/92 n° 223 e successive modifiche (D.M. 21/06/2004), di qualsiasi tipo, a nastri e paletti, in acciaio o cemento armato o miste o di altri materiali previsti nei Rapporti di Prova.

Tabella 9: Proprietà barriere di sicurezza BL H3

Caratteristica prestazionale	Valore di riferimento
Appartenenza alla stessa classe (livello di contenimento)	H3
Larghezza operativa W	≤180 cm
Altezza massima nastro	≤95cm
Larghezza massima del dispositivo	≤52cm

Tabella 10: Proprietà barriere di sicurezza SP H3 Nastri e Paletti

Caratteristica prestazionale	Valore di riferimento
Appartenenza alla stessa classe (livello di contenimento)	H3
Larghezza operativa W	≤360 cm
Altezza massima nastro	≤95 cm
Larghezza massima del dispositivo	≤90cm

Tabella 11: Proprietà barriere di sicurezza SP H3 Muretto

Caratteristica prestazionale	Valore di riferimento
Appartenenza alla stessa classe (livello di contenimento)	H3
Larghezza operativa W	≤360 cm
Altezza massima muretto	≤100
Larghezza massima del dispositivo	≤90cm



Tabella 12: Proprietà barriere di sicurezza BP H3

Caratteristica prestazionale	Valore di riferimento
Appartenenza alla stessa classe (livello di contenimento)	H3
Prova effettuata con vuoto a tergo simulante il bordo ponte	SI
Altezza massima nastro	≤95cm
Larghezza massima del dispositivo	≤52cm

7 BARRIERE DI SICUREZZA – CLASSE H4

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **G.02.005.a** FPO di Barriera spartitraffico monofilare a nastri e paletti o muretto continuo per spartitraffico centrale, in acciaio o cemento armato o miste o di altri materiali, marcata CE;
- **G.02.005.b** FPO di Barriera bordo ponte a nastri e paletti in acciaio o di altri materiali, marcata CE;
- **G.02.005.c** FPO di Barriera bordo ponte muretto in acciaio o di altri materiali, marcata CE;
- **G.02.005.d** FPO di Barriera spartitraffico sistema unico bifilare a nastri e paletti o muretto continuo per spartitraffico centrale, in acciaio o cemento armato o miste o di altri materiali, marcata CE;
- **G.02.005.e** FPO di Barriera spartitraffico bifilare a nastri e paletti per spartitraffico centrale, in acciaio o di altri materiali, marcata CE.

7.1 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI

Sono richieste barriere di sicurezza marcate CE con caratteristiche prestazionali minime corrispondenti a quelle della classe H4, conformi al D.M. 18/02/92 n° 223 e successive modifiche (D.M. 21/06/2004), di qualsiasi tipo, a nastri e paletti, in acciaio o cemento armato o miste o di altri materiali previsti nei Rapporti di Prova.

Tabella 13: Proprietà barriere di sicurezza SP H4 Monofilare Nastri e Paletti /Muretto

Caratteristica prestazionale	Valore di riferimento
Appartenenza alla stessa classe (livello di contenimento)	H4
Larghezza operativa W	≤250 cm
Altezza massima nastro	≤95 cm



Altezza massima muretto	≤120cm
Larghezza massima del dispositivo nastri e paletti	≤90cm
Larghezza massima del dispositivo a muretto	≤80cm

Tabella 14: Proprietà barriere di sicurezza BP H4 Nastri e Paletti

Caratteristica prestazionale	Valore di riferimento
Appartenenza alla stessa classe (livello di contenimento)	H4
Prova effettuata con vuoto a tergo simulante il bordo ponte	SI
Altezza massima nastro	≤95cm
Larghezza massima del dispositivo	≤52cm

Tabella 15: Proprietà barriere di sicurezza BP H4 Muretto

Caratteristica prestazionale	Valore di riferimento
Appartenenza alla stessa classe (livello di contenimento)	H4
Prova effettuata con vuoto a tergo simulante il bordo ponte	SI
Altezza massima muretto	≤100 cm
Larghezza massima del dispositivo	≤50cm

Tabella 16: Proprietà barriere di sicurezza SP H4 Unico Bifilare* Nastri e Paletti /Muretto

Caratteristica prestazionale	Valore di riferimento
Appartenenza alla stessa classe (livello di contenimento)	H4
Larghezza operativa W	≤310 cm
Altezza massima nastro	≤95 cm
Altezza massima muretto	≤120cm
Larghezza massima del dispositivo nastri e paletti	≤90cm
Larghezza massima del dispositivo a muretto	≤80cm

*Spartitraffico testato come unico sistema

Tabella 17: Proprietà barriere di sicurezza SP H4 Bifilare Nastri e Paletti

Caratteristica prestazionale	Valore di riferimento
Appartenenza alla stessa classe	H4



(livello di contenimento)	
Larghezza operativa W	≤200 cm
Altezza massima nastro	≤95 cm
Larghezza massima del dispositivo	≤252 cm

8 BARRIERE DI SICUREZZA STRADALI TIPO ANAS

Si rimanda al Capitolato Speciale di Appalto ANAS S.p.A. - IT.PRL.05.22.2 – Rev1 “Fornitura di Barriere di Sicurezza Stradali tipo Anas”.

9 PROFILI SALVA MOTOCICLISTI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- G.02.010 Sovraprezzo per FPO dei profili salva motociclisti testato insieme alla barriera a nastri e paletti, di qualsiasi classe.

9.1 CARATTERISTICHE TECNICHE

Per le barriere a nastri e paletti, la discontinuità presente nella parte inferiore delle strutture di supporto, dovuta ai paletti, potrà essere eliminata da opportuni schermi continui chiamati profili salva motociclisti - SM. Detti schermi di continuità potranno essere conseguiti tramite le azioni di verifica della tabella 18.

Tabella 18: Caratteristiche di accettazione SM installate su barriere di sicurezza

SM su barriere di sicurezza	Azioni di verifica/Acettazione
SM aggiunto alla barriera	Segue la Modifica di Prodotto

10 BARRIERA INTEGRATA ANTIRUMORE E DI SICUREZZA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- G.05.040.a FPO di barriera integrata antirumore e di sicurezza - H2 avente altezza minima di 3,00 m;
- G.05.040.b FPO di barriera integrata antirumore e di sicurezza - H2 avente altezza minima di 5,00 m;
- G.05.040.c FPO di barriera integrata antirumore e di sicurezza - H4 avente altezza minima di 3,00 m;
- G.05.040.d FPO di barriera integrata antirumore e di sicurezza - H4 avente altezza minima di 5,00 m.

10.1 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI



Si rimanda al Capitolato Speciale di Appalto di ANAS S.p.A. - IT.PRL.05.23 - REv1 *"Sistemi di protezione acustica"*.

11 TERMINALI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **G.03.025** FPO di terminali speciali, testati in conformità alla ENV 1317 - 4 e prEN1317-7, con redirezione controllate dei veicoli, a nastro e paletti in acciaio o di altri materiali definiti nei Rapporti di Prova".

11.1 CARATTERISTICHE TECNICHE TERMINALI SEMPLICI

Il terminale semplice è il tratto di barriera al suo inizio e quello alla sua fine, riportato nei disegni dei rapporti di prova delle diverse soluzioni. Si tratta in genere di interramenti e deviazioni della parte terminale d'inizio, combinate o meno tra loro, senza ancoraggi speciali. Tutte le caratteristiche prestazionali sono riportate nei rapporti di prova.

Qualora il terminale semplice non sia indicato nei documenti dei rapporti di prova, il terminale da adottare potrà essere realizzato con nastro che termina immerso nel terreno e che, nella discesa verso il basso, devia leggermente verso l'esterno della strada (angolo di circa 20°). Nel caso in cui la natura del terreno non permetta l'interramento, il nastro potrà curvare verso l'esterno mantenendo la quota.

11.2 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI TERMINALI SPECIALI

I terminali semplici possono essere sostituiti alle estremità di barriere stradali con terminali speciali testati secondo la ENV 1317 - 4 e prEN1317-7. In questo caso la scelta avverrà tenendo conto delle loro prestazioni e della destinazione ed ubicazione.

I terminali speciali dovranno essere attestati alla barriera stradale, sia in acciaio sia in cemento, attraverso un elemento di connessione fornito dal produttore.

Il progettista della sistemazione stradale, potrà utilizzare detti terminali speciali in alternativa agli attenuatori d'urto nei casi di fine dello spartitraffico ed in caso di svincoli stradali.

Il costo dell'elemento di connessione tra la barriera stradale ed il terminale speciale deve essere computato a parte con la voce di elenco prezzi.

12 TRANSIZIONI

Il progettista della sistemazione su strada dovrà ubicare le zone di transizioni in tratti di strada dove sia minore la probabilità di impatto da parte dei veicoli riducendo così al minimo la pericolosità per tutti gli utenti della strada.



12.1 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI

Le transizioni, come elementi di collegamento, dovranno avere dimensioni compatibili con le barriere di classi e tipologia diverse; le indicazioni sono riportate nella tabella 19.

Tabella 19: Caratteristiche di accettazione transizioni

Tipologia	Azioni di verifica
Strutturalmente continue (nelle loro parti principali)	Non si richiedono né crash e né calcoli
Non strutturalmente continue (nelle loro parti principali)	Si richiede un progetto firmato dal PSS con una seguenti opzioni: progettazione geometrica nel caso di transizione semplice; simulazione numerica agli elementi finiti esecuzione di prove di crash al vero.

Il costo della transizione tra due barriere di sicurezza di tipo e/o prestazioni diverse viene computato con la voce di elenco prezzo relativa alla barriera della classe e/o tipologia più elevata.

13 ATTENUATORI D'URTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **G.03.001** FPO di attenuatori d'urto non redirettivi classe 100, a fronte largo o parallelo, marcati CE;
- **G.03.002** FPO di attenuatori d'urto non redirettivi classe 80 - parallelo, marcati CE;
- **G.03.005** FPO di attenuatori d'urto redirettivi classe 80 - largo, marcati CE;
- **G.03.010** FPO di attenuatori d'urto redirettivi classe 100/80 - parallelo e largo, marcati CE;
- **G.03.018** FPO di assorbitori di energia d'urto per ostacolo isolato classe 50, marcati CE.

13.1 CARATTERISTICHE TECNICHE

Gli attenuatori avranno dimensione confrontabile a quella dell'ostacolo da proteggere o della funzione da svolgere, si dividono in:

Attenuatori redirettivi (R)	Dispositivi destinati a deviare il veicolo collidente se urta lateralmente e non frontalmente
Attenuatori non redirettivi (NR)	Dispositivi destinati ad arrestare il veicolo in poco spazio e senza danno
Attenuatori NR stretti	Generalmente a lati paralleli, da usare come terminali speciali di barriere
Attenuatori NR larghi	Generalmente a pianta trapezia, da usare nei punti di cambio di direzione o di uscita, in sostituzione delle attuali cuspidi



13.2 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI

Gli attenuatori d'urto sono testati secondo la UNI EN 1317 - 3 e marcati CE.

In questo caso la scelta avverrà tenendo conto delle loro prestazioni e della destinazione ed ubicazione, secondo la tabella B riportata all'art. 6 delle Istruzioni Tecniche allegate al D.M. 21.06.2004.

Tabella 20: Proprietà Attenuatori d'Urto

Velocità imposta nel sito da proteggere	Classe degli attenuatori	Caratteristica prestazionale
$v > 130$ km/h	100	Lunghezza, larghezza, altezza e caratteristiche dei materiali sono riportate nei Rapporti di Prova.
$90 \leq v < 130$ km/h	80	
$v < 90$ km/h	50	

14 SISTEMI AMOVIBILI PER CHIUSURA VARCHI

Articoli di Elenco Prezzi correlati

- G.03.020 FPO di sistemi amovibili per chiusura varchi.

14.1 CARATTERISTICHE TECNICHE

Il sistema amovibile, salvo indicazioni particolari, sarà posizionato sull'asse dello spartitraffico centrale e in ogni caso in maniera che cada all'interno della linea bianca continua del by-pass.

La barriera, testata secondo la EN 1317 - 2 e 4, sarà appoggiata su una pavimentazione in asfalto priva di gradini e quant'altro possa impedire il movimento degli elementi costituenti la suddetta barriera. Il tubo del giunto snodabile dovrà essere rimovibile manualmente. Gli estremi della barriera saranno ancorati secondo le prescrizioni dei rapporti di prova.

14.2 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI

I livelli di contenimento, lunghezza, larghezza, altezza e caratteristiche dei materiali sono riportate nei Rapporti di Prova.

Il costo dell'elemento di connessione tra la barriera ed il sistema amovibile per chiusura varchi deve essere computato a parte con la voce di elenco prezzi.



15 PROFILI RE-DIRETTIVI PER PROTEZIONI DI INBOCCHI IN GALLERIA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **G.02.020** FPO di dispositivo di protezione degli imbocchi in galleria e delle piazzole di sosta all'interno delle gallerie, composto da più elementi di barriera di tipo "a muretto continuo".

15.1 CARATTERISTICHE TECNICHE

Dispositivi per la protezione degli imbocchi di galleria o delle piazzole di sosta in galleria; essi dovranno avere uno spazio a tergo sufficiente al loro posizionamento.

Il dispositivo è composto da uno o più elementi di barriera tipo a muretto realizzati come nello schema di seguito specificato, collegati a due blocchi in calcestruzzo sagomati, di dimensioni minime pari a mc 2,75, tramite la barra rullata superiore; inoltre dovranno avere una lunghezza minima di m 6,50 ed altezza max. pari a m 1,00.

Materiale	Caratteristiche prestazionali
Calcestruzzo	Classe min. C25/30 con classe di esposizione min. XF2, semplice o debolmente armato fino ad un'incidenza massima di 30 kg/m3.
Acciaio	Min. S235 JR zincato a caldo con quantità di seguito specifica.

16 PROFILI RE-DIRETTIVI PER PROTEZIONI DI MURI, PARETI IN GALLERIE O TRINCEE

- **G.02.015** FPO di muretti deviatori rigidi re-direttivi per tratti stradali in galleria o anche in trincea quando il bordo strada è costituito da muri.

16.1 CARATTERISTICHE TECNICHE

Nei tratti stradali in galleria, è consigliabile l'uso di muretti sagomati re-direttivi rigidi per la redirectione del veicolo in svio ai sensi del D.M. n. 6792 del 5 novembre 2001. La presenza di un vuoto di sicurezza sovrastante il profilo è auspicabile per la salvaguardia degli occupanti dei veicoli.

In particolare la soluzione analoga della sistemazione stradale del profilo re-direttivo in trincea ricostituita non necessita delle prove di crash test reali.

A titolo puramente esemplificativo si riporta in figura 1 una soluzione consigliata e verificata con simulazione agli elementi finiti.

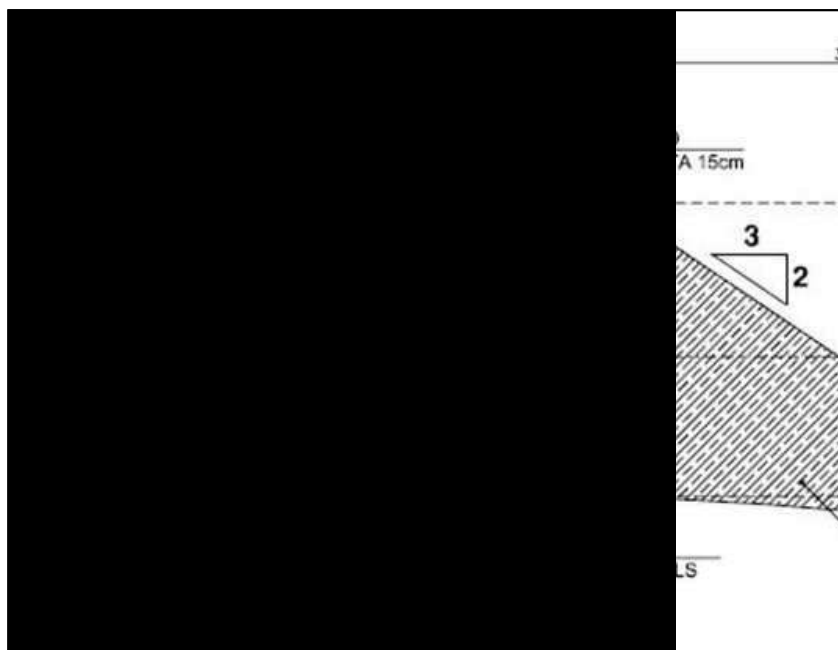


Figura 1: Soluzione del profilo re-direttivo e trincea

17 RETI PARASASSI, ANTISCAVALCAMENTO E RECINZIONI METALLICHE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **G.01.064** FPO di pannelli di protezione antisasso in acciaio zincato per barriere stradali
- **G.01.064.1** A pannelli in rete semplice
- **G.01.064.2** A pannelli in rete inclinati
- **G.01.064.2** A pannelli in rete leggera per barriere di tipo Anas o similari

17.1 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI

Possono essere impiegati sistemi integrati alla barriera, purché dotati di appositi sistemi rivolti ad escludere il rischio di espulsioni di singoli componenti in caso d'impatto.

La compatibilità con il dispositivo di sicurezza testato senza la protezione deve essere dimostrata mediante simulazioni numeriche, prove semplificate o crash test al vero che verifichino la non interferenza delle reti e delle parti aggiunte con il funzionamento del dispositivo di sicurezza vero e proprio.



18 ZINCATURA

Ogni elemento dei dispositivi di sicurezza stradali di acciaio dovr  essere protetto, su ogni faccia, da zincatura a caldo eseguita secondo la norma UNI EN ISO 1461, dopo l'avenuta piegatura ed aggraffatura o saldatura dell'elemento, secondo gli spessori per faccia indicati.

Tale norma indica spessori minimi relativi al processo di zincatura a caldo. La tabella 21 fornisce i valori minimi e medi richiesti da ANAS:

Tabella 21: Valori minimi di spessore di zincatura.

Articolo e suo spessore	Spessore locale del rivestimento (minimo) μm	Massa del rivestimento locale (minima) g/m^2	Spessore medio del rivestimento (minimo) μm	Massa media del Rivestimento (minima) g/m^2
Acciaio > 6 mm	70	505	85	610
Acciaio da > 3 mm a \leq 6 mm	55	395	70	505
Acciaio da \geq 1,5 mm a \leq 3 mm	45	325	55	395
Acciaio < 1,5 mm	35	250	45	325

Le lamiere finite dovranno essere esenti da difetti come: soffiature, bolle di fusione, macchie, scalfitture, parti non zincate, ruvidit , punte, ecc.

Per la zincatura sui bulloni, si dovr  fare riferimento alla norma UNI EN ISO 10684.

19 MARCATURA CE

Il rilascio della Marcatura CE per i dispositivi di ritenuta stradale avviene sulla base della individuazione del sistema applicabile di Valutazione e Verifica della Costanza della Prestazione definito nell'allegato ZA.2 della norma UNI EN 1317-5, sistema 1 tra quelli di attestazione previsti dal Regolamento UE 305/2011.

Il marchio CE non ha scadenza, a meno che ci siano modifiche del progetto, materiali o definizione dei criteri di prova.

La punzonatura degli elementi principali (nastri tripla onda, profilo salva motociclisti, montanti, mancorrenti e distanziatori) e l'etichettatura, definite secondo le indicazioni di Anas, sono a carico dell'Aggiudicatario.



19.1 MODIFICA DI PRODOTTO

Non possono essere apportate modifiche ai dispositivi marcati CE, ciò comporterebbe **una modifica di prodotto**.

Nei casi di installazioni dei dispositivi diverse da quelle standard e previste dai manuali di installazione, conseguenti alla natura del supporto e alla morfologia dei margini esterni della strada, è consentito apportare modifiche al dispositivo, ai sensi dell'art. 5 del D.M. 21/06/2004, secondo le indicazioni riportate in tabella 22, allegato A della norma 1317-5.

Tabella 22: Accettazione e verifiche per modifiche di prodotto

Tipologia	Azioni di verifica
(A) Modifica lieve/leggera non influenza le prestazioni del prodotto	Non si richiedono né crash e né calcoli ma indicazioni della modifica riportate su una relazione tecnica a firma del PSS.
(B) Modifica moderata Di uno o più elementi del dispositivo	Si richiede un progetto firmato dal PSS con un delle due opzioni: simulazione numerica (ovvero analisi secondo il principio della meccanica computazionale in fase dinamica); qualora con la simulazione di cui non si ottengano risultati apprezzabili si dovranno eseguire prove di crash al vero.
(C) Modifica significativa	Si richiede esecuzione di prove di crash al vero.

20 ACCETTAZIONE DEI MATERIALI E CONTROLLI

20.1 ACCETTAZIONE E CONTROLLI DELLA FORNITURA

Al momento della consegna della fornitura franco cantiere, l'Appaltatore dovrà trasmettere ad Anas tutta la documentazione tecnica, amministrativa e contabile e quanto altro necessario per individuare il materiale oggetto della consegna.

Tutta la documentazione è da considerarsi parte integrante della fornitura.

La sua accettazione da parte della D.L. si articola nelle seguenti fasi descritte dettagliatamente in tabella 23, oltre ad ogni ulteriore certificazione prevista dalla vigente normativa di riferimento di settore.

Il materiale confezionato in colli opportunamente imballati e identificati in modo tale da individuare tutti i componenti costituenti la barriera finita nelle quantità ordinate, è identificato attraverso un codice che lo mette in correlazione con l'ordinativo emesso da Anas.



Tabella 23: Verifica documentazione tecnica e amministrativa

Fasi	Azioni
Verifica processo di produzione (consiste nel recarsi presso l'unità produttiva dell'Azienda eseguendo i seguenti controlli)	<p>Criteria e modalità di applicazione delle procedure/istruzioni operative od altri documenti indicati nel controllo di produzione di fabbrica; Movimentazione, stoccaggio, imballaggio e spedizione dei prodotti che devono essere mantenuti sistematicamente sotto controllo; Identificazione e rintracciabilità del prodotto.</p>
Controllo documentazione	<p>Documentazione: Dichiarazione di Prestazione (DoP) per ogni tipologia di dispositivo di sicurezza secondo le prescrizioni della EN 1317-5; Certificato di Conformità CE redatto da Enti di Certificazione; Certificazione di conformità dei materiali impiegati; Schemi di rintracciabilità dei materiali impiegati; Attestato di conformità della qualità dei materiali impiegati; Dichiarazione del processo di zincatura ai sensi della norma UNI EN ISO 1461-2009; Dichiarazione di conformità delle saldature ai sensi della norma UNI EN ISO 3834-2:2006; Distinte dei materiali prodotti; Rapporto di Prova; Manuale di Installazione; Manuale di Manutenzione; Documento di Trasporto; Completezza della fornitura.</p>

20.2 PROVE SUI MATERIALI

Per ogni specifica partita della fornitura e per tipologia di dispositivo, la D.L. dovrà eseguire il processo di accettazione dei materiali definiti in tabella 24.

Tabella 24: Accettazione dei materiali

Fasi	Azioni di verifica
Controllo di conformità del materiale	<p>Prove sui materiali: Corrispondenza della forma e delle dimensioni; Verifica delle caratteristiche dei materiali impiegati; Verifica del rivestimento protettivo. Identificazione del prodotto marcato CE, ai sensi dell'art. 5 delle Istruzioni tecniche del D.M. n. 2367 del 21 giugno 2004 e dell'allegato ZA nelle forme previste al punto ZA.3.</p>
<p><i>Qualora il Direttore dei Lavori riscontri che un qualsiasi materiale non sia adatto all'impiego DEVE chiederne la sostituzione.</i></p>	



Relativamente alle prove sui materiali, il Direttore dei Lavori eseguirà **un prelievo di ciascun elemento principale componente il dispositivo di sicurezza** secondo la tabella A in appendice, in contraddittorio con l'Aggiudicatario.

L'Aggiudicatario ha la facoltà - qualora lo richieda all'atto del prelievo dei campioni - di assistere alle prove o di farsi rappresentare.

In caso di esito negativo, anche su uno specifico elemento di barriera, è necessario eseguire ulteriori prelievi da sottoporre a prove. Per quell'elemento negativo oggetto di controllo, **il numero dei prelievi da effettuare deve essere almeno il doppio di quelli oggetto del controllo Tabella A**. Sarà onere dell'Aggiudicatario la fornitura di detti campioni e delle nuove prove da eseguir senza che lo stesso possa avanzare alcuna riserva o richiesta di rimborso. Il materiale sarà accettato, su tale nuovi prelievi, qualora il numero delle prove con esito positivo **risulti maggiore del 70% del totale delle prove aggiuntive eseguite**. In caso di esito negativo l'Aggiudicatario sarà tenuto a sostituire, a sue spese, tutti gli elementi non conformi con altri che rispondano alle caratteristiche richieste. Sui nuovi elementi in sostituzione il Direttore dei Lavori della posa in opera si riserva di eseguire ulteriori verifiche e prove come sopra indicate, a cura e spese dell'Aggiudicatario.

Per irregolarità relative allo spessore delle protezioni anticorrosive che, non concorrano a compromettere le prestazioni della barriera di sicurezza e comunque non superiore al 20% di spessore in meno, si procederà all'applicazione di una sanzione corrispondente ad una riduzione percentuale del prezzo contrattuale del materiale che ha presentato irregolarità pari alla percentuale di spessore mancante rispetto al valore prescritto. Oltre il 20% di spessore di protezione anticorrosiva in meno, come indicato al punto precedente, l'Aggiudicatario sarà tenuto a sostituire a sue spese i materiali non conformi con altri che rispondano alle caratteristiche richieste.

In ogni caso, i materiali rifiutati dovranno essere immediatamente ritirati e smaltiti a cura e spese dell'Aggiudicatario.

Le sanzioni conseguenti ad eventuali esiti negativi dei controlli e le non conformità sono riportate nei successivi capitoli.

Alla fine di tutti i controlli verranno emessi e sottoscritti dalle parti interessate appositi **verbali** in duplice copia.

L'Appaltatore, in attesa dei risultati delle prove sui materiali, potrà procedere alla posa in opera del materiale stesso con apposito OdS da parte del Direttore dei Lavori.

Le **prove di qualifica** eseguite in integrazione alla **Marcatura CE**, nonché le **prove di collaudo o verifica** eseguite sui materiali o sui singoli componenti dei dispositivi di ritenuta stradale, dovranno



no essere effettuate da **laboratori accreditati** secondo la Norma ISO 17025 da Ente ACCREDIA, da Enti equivalenti europei affiliati all'associazione degli organismi di accreditamento europei EA (<http://www.european-accreditation.org>).

20.3 CANTIERI DI SOLA POSA IN OPERA DELLE BARRIERE STRADALI "TIPO" ANAS

Premesso che rimangono valide tutte le indicazioni riportate nei paragrafi precedenti in particolare, l'Appaltatore della posa in opera provvederà all'apertura degli imballi dei materiali costituenti la barriera solo in presenza del Direttore dei lavori, o un suo rappresentante, per il controllo in contraddittorio della fornitura.

Al termine dei controlli e per ogni specifica partita, la Direzione Lavori provvederà a redigere, in contraddittorio con il Fornitore della barriera tipo Anas e l'Appaltatore della posa, apposito verbale di riscontro del tipo e quantitativo di materiale consegnato e della documentazione in accompagnamento.

21 MODALITÀ DI ESECUZIONE

Il montaggio in opera di tutte le strutture che costituiscono ciascun manufatto del **dispositivo di sicurezza** sarà effettuato in conformità a quanto previsto nelle informazioni tecniche e geometriche riportate nel **Rapporto di Prova**, negli elaborati progettuali e, soprattutto, nel **manuale di installazione**.

L'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato nei tempi e nei modi concordati con la Direzione Lavori.

Dopo l'installazione dei dispositivi di sicurezza ritenuta stradale, l'Appaltatore dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni, dandone preventiva comunicazione alla Direzione Lavori.

Le azioni di verifica e di controllo da parte di ANAS sono quelle riportate in tabella 25.

Tabella 25: Azioni di verifica durante la posa in opera di barriere di sicurezza stradali.

Fasi di lavoro	Azioni di verifica
----------------	--------------------



Posa in opera	<p>Verificare la configurazione dell'installazione del dispositivo rispetto a quella indicata negli elaborati progettuali e nei Rapporti di Prova;</p> <p>Verificare il corretto posizionamento del dispositivo rispetto il ciglio stradale e/o linea di mezzzeria e secondo le altezze riportate nei Rapporti di Prova;</p> <p>Verificare il serraggio dei bulloni.</p> <p>È ammesso il serraggio dei bulloni con chiave pneumatica purché questa venga controllata con chiave dinamometrica, la cui taratura con l'eventuale moltiplicatore dovrà risultare da certificato rilasciato da Laboratorio idoneo.</p> <p>Per i controlli sarà comunque utilizzata una chiave dinamometrica con certificato di taratura. L'Appaltatore dovrà effettuare, alla presenza della Direzione Lavori, delle verifiche sulla coppia di serraggio. Tali coppie sono indicate nei rapporti di prova e/o Manuali di installazione.</p> <p>La frequenza di prova, sarà almeno al 20% del numero totale dei bulloni posti in opera, per ciascuna tipologia.</p> <p>La scelta dei bulloni, oggetto di controllo, sarà a totale discrezione della Direzione Lavori.</p> <p>E' opportuno evitare di eseguire i controlli durante le ore più calde (o più fredde) della giornata che potrebbero indurre delle riduzioni apparenti, dovute a fenomeni termici, dell'ordine del $\pm 5\%$.</p> <p>Nel caso la verifica del serraggio dei bulloni non dia esito positivo, si dovrà procedere nel modo che segue:</p> <p>Nel caso la verifica del serraggio dei bulloni non dia esito positivo, si dovrà procedere nel modo come segue:</p> <p>nel caso di un bullone non soddisfatti i valori di serraggio, verranno controllati anche i valori di serraggio dell'intero elemento. Nel caso questi soddisfino i valori, verrà accettato il serraggio;</p> <p>in caso contrario, se un secondo bullone non soddisfa i valori di serraggio, le verifiche verranno estese a 2 elementi adiacenti. Nel caso questi soddisfino i valori, il serraggio verrà ritenuto idoneo;</p> <p>in caso contrario, se un terzo bullone non soddisfa i suddetti valori, sarà necessario il serraggio completo di tutto il tratto in esame.</p> <p>Verifica di resistenza dei tirafondi a discrezione della D.L.</p> <p>La frequenza di prova, sarà almeno al 20% del numero totale dei tirafondi posti in opera, per ciascuna tipologia.</p> <p>Nel caso la verifica di resistenza dei tirafondi non dia esito positivo, la D.L. deciderà le modalità di ripristino.</p> <p>Misurare lo spessore dei materiali;</p> <p>Controllare la presenza dell'esatto spazio a tergo della barriera per il perfetto funzionamento in caso di urto della barriera stessa.</p>
Sostituzione totale o parziale di barriera esistente	<p>Lo smontaggio degli elementi (lame, montanti, ecc.) dovrà essere effettuato con cura, senza causare rotture o danni, riducendo al minimo le interferenze ai flussi di traffico della viabilità interessata;</p> <p>Verificare che le banchine in terra, le cunette e i cordoli in</p>



calcestruzzo, siano perfettamente ripristinate dall'impresa.

21.1 CORRETTA POSA IN OPERA

Per certificare le azioni di verifica di cui alla tabella 25 , dovrà essere redatto il **Certificato di corretta posa in opera**, ai sensi dell'art. 5 delle Istruzioni Tecniche del D.M. n. 2367 del 21 giugno 2004, a seguito di una verifica in contraddittorio da parte della ditta installatrice, nella persona del suo Responsabile Tecnico, e dal committente, nella persona del Direttore Lavori.

22 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

L'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio, sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, tutti i **disegni contabili** delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite, con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera, ovvero la lavorazione interessata.

Tali disegni contabili, da predisporre su supporto informatico e da tradurre, almeno in duplice copia, su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla **Direzione Lavori**, per il necessario e preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, svolte durante l'esecuzione dei lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore.

La suddetta documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli **Stati di Avanzamento Lavori** (SAL) e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

Si evidenzia, inoltre, che tale documentazione contabile resterà di proprietà dell'ANAS.

Si precisa che:

- I lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche (ovvero a numero), così come rilevate dalla **Direzione Lavori**, in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori;
- I lavori da compensare "a corpo", invece, saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche (ovvero a numero), rilevate dalla **Direzione Lavori** in contraddittorio con l'Appaltatore, che verranno confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto di Appalto.

Per quanto riguarda la predisposizione degli **Stati di Avanzamento Lavori** e l'emissione delle relative rate d'acconto, il corrispettivo da accreditare nei SAL è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trat-



tenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del **Collaudo** in corso d'opera.

All'avvenuto completamento di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione, redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la **Direzione Lavori** provvederà al pagamento del residuo con le suddette modalità, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla **Commissione di Collaudo** in corso d'opera.

Resta stabilito che, nelle voci di **Elenco Prezzi**, sono compresi e compensati i dispositivi rifrangenti, accessori e bulloneria varia.

Per le barriere che necessitano di fondazione, sono compresi anche l'onere della formazione dei fori nelle opere di fondazione e del fissaggio dei sostegni con resina per carichi strutturali, marcata CE secondo la Norma Europea ETA, in alternativa con malta cementizia.

Ai fini della contabilità, i costi dei terminali semplici saranno compensati a ml con gli stessi prezzi contrattuali delle barriere stradali.

Nel caso di smontaggio e rimozione di barriera esistente, il materiale rimosso resta di proprietà dell'Aggiudicatario, nel caso in cui la Direzione Lavori non ne richieda il reimpiego.

Infine rimane a cura e spese dell'Aggiudicatario:

- il carico e l'eventuale trasporto e smaltimento in discarica autorizzata;
- il trasporto fino al magazzino/deposito ANAS nel caso di riutilizzo da parte di ANAS.

22.1 POSA IN OPERA DELLE BARRIERE STRADALI "TIPO" ANAS

Sarà a carico dell'Appaltatore della posa in opera l'onere della formazione dei fori nelle opere di fondazione e della fornitura di resina per carichi strutturali, marcata CE secondo la Norma Europea ETA, in alternativa con malta cementizia, per il fissaggio dei tirafondi.

23 NON CONFORMITÀ E SANZIONI

In caso di esito negativo delle prove di accettazione dei materiali, di cui al paragrafo 19.2, la partita sarà ritenuta **non conforme** e la D.L. procederà come in tabella 26.

Tabella 26: Azioni sulla non conformità.

Non Conformità	Azioni
Per irregolarità relative alla qualità dei materiali e alle caratteristiche geometriche degli elementi (spessori, dimensioni, ecc.) e quando altro possa concorrere, anche in modo	L'aggiudicatario sarà tenuto a sostituire a sue spese i materiali non conformi con altri che rispondano alle caratteristiche richieste, nei tempi contrattuali stabiliti.



parziale, a compromettere la resistenza strutturale.	
Per irregolarità relative allo spessore delle protezioni anticorrosive che, comunque, non concorrano a compromettere le prestazioni dei dispositivi di ritenuta, minore al 20% di spessore in meno ad esclusione delle tolleranze riportate nei manuali di installazione del dispositivo	Il materiale sarà accettato dalla D.L. ma verrà applicata una sanzione economica così ripartita: dal 0,1% al 5,0% in meno di protezione anticorrosiva, una sanzione pari al 2.5% dell'intera FpO; dal 5,1% al 10,0% in meno di protezione anticorrosiva, una sanzione pari al 5% dell'intera FpO; dal 10,1% al 15,0% in meno di protezione anticorrosiva, una sanzione pari al 7.5% dell'intera FpO; dal 15,1% al 19,9% in meno di protezione anticorrosiva, una sanzione pari al 10% dell'intera FpO.
Per irregolarità relative allo spessore delle protezioni anticorrosive che, comunque, non concorrano a compromettere le prestazioni dei dispositivi di ritenuta, uguale o superiore al 20% di spessore in meno.	L'Aggiudicatario sarà tenuto a sostituire a sue spese i materiali non conformi con altri che rispondano alle caratteristiche richieste, nei tempi contrattuali stabiliti.
Per irregolarità di corretta installazione dei dispositivi di ritenuta rispetto alle indicazioni del progetto del PSS e del Manuale di Installazione	L'Aggiudicatario, a sua cura e spese, dovrà reinstallarli, avendo cura di ripristinare lo stato dei luoghi, per una nuova e corretta installazione a perfetta regola d'arte, nei tempi contrattuali stabiliti.

In ogni caso, i materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dal sito di stoccaggio e riciclati o smaltiti a cura e spese dell'Aggiudicatario.

24 COLLAUDO

Il Collaudatore, alla fine dei lavori di realizzazione delle opere, dovrà procedere al collaudo dei dispositivi di ritenuta, allo scopo di accertarne la rispondenza alle indicazioni progettuali.

Dovrà essere messa a disposizione del Collaudatore, tutta la documentazione tecnica, amministrativa e contabile.

Le prove richieste dal Collaudatore saranno a carico dell'Appaltatore.

Nel dettaglio, il collaudatore potrà effettuare:

- Verifica delle caratteristiche geometriche e dimensionali sia del dispositivo sia del supporto
- Verifica delle caratteristiche dei materiali;
- Verifica del corretto serraggio di tirafondi, bulloni e manicotti.

Qualora caratteristiche dell'opera realizzata non rispondano alle specifiche di progetto, l'opera dovrà essere adeguata e resa conforme alle specifiche progettuali, secondo le prescrizioni del Collaudatore.



Il Collaudatore, dopo aver concluso le suddette attività e verificato il rispetto di quanto eventualmente richiesto, **provvederà quindi al rilascio del relativo Certificato di collaudo.**

25 **NORMATIVA**

Al fine di garantire le migliori condizioni di sicurezza passiva per gli utenti della strada e per assicurare la protezione delle zone limitrofe della carreggiata stradale e di impedirne la fuoriuscita dei veicoli, senza ridurre il livello di servizio delle strade ed autostrade statali e la qualità delle loro pertinenze, i dispositivi di ritenuta stradale dovranno essere progettati, verificati e realizzati a norma della seguente disposizione ed ai relativi aggiornamenti delle istruzioni ad essa allegate:

- Decreto Ministeriale LL.PP. n. 223 del 18 febbraio 1992;
- D.M. n. 2367 del 21 giugno 2004; in particolare il riferimento esplicativo di dettaglio sarà quello della modifica che si collega alla norma europea EN 1317 per ciò che concerne la verifica delle soluzioni da usare e definisce gli impegni del progettista delle sistemazioni su strada;
- D.M. n. 253 del 2011, disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale;
- UNI EN 1317-1 terminologia e Criteri Generali dei Metodi di prova;
- UNI EN 1317-2 Classi di prestazione, criteri di accettazione prove d'urto barriere di sicurezza e parapetti;
- UNI EN 1317-3 Classi di prestazione, criteri di accettazione prove d'urto attenuatori d'urto;
- UNI EN 1317-4 Classi di prestazione, criteri di accettazione prove terminali e transizioni;
- UNI EN 1317-5 Marcatura CE; unico requisito ai fini dell'impiego dei dispositivi di sicurezza passivi (per il momento limitandosi alle barriere ed agli attenuatori d'urto);
- Circolare Ministeriale n. 62032 del 21/07/2010, uniforma le norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali;
- Regolamento (UE) n.305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio, entrato in vigore dal 1 luglio 2013, che fissa "Condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio";
- D.M. del 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" punto 5.1.3 "Azioni sui ponti stradali"; nel caso di protezioni da installare su ponti (viadotti, sottovia o cavalcavia, sovrappassi, sottopassi, strade sopraelevate, ecc.).



26 APPENDICE

Di seguito viene riportata la tabella A per i controlli di accettazione dei dispositivi di ritenuta stradale. Per L, espressa in ml, si intende la lunghezza della barriera indicata nell'ordinativo per singola tipologia.

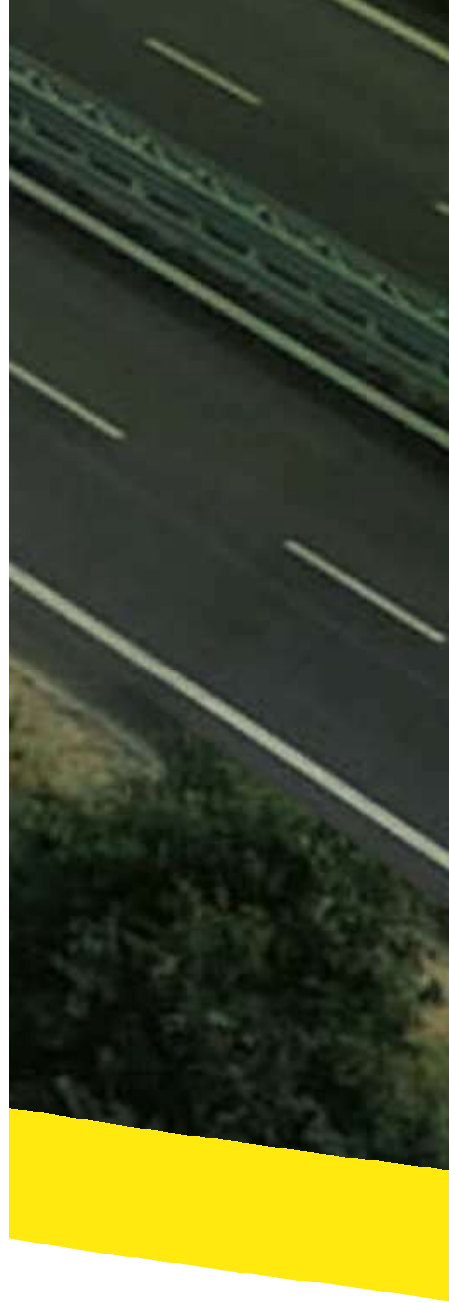
Tabella A: Prelievi

Elemento	N° MINIMO DI PRELIEVI			
	L ≤ 500	L > 500	L > 1000	L > 1500
		L ≤ 1000	L ≤ 1500	
Distanziatore	1	2	2	3
Nastro	1	1	2	3
Corrimano C/U	1	1	1	2
Rinforzo palo	1	1	2	2
Tirante/Barra	1	1	1	2



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.22.1 - Rev. 1.0
Dispositivi di Ritenuta Stradale

Palo	1	2	3	3
Diagonale	1	1	2	2
Tirafondi	1	1	1	2
Bulloneria completa (per tipologia)	2	2	3	4
Barriera tipo New Jersey	1	1	1	1



Anas S.p.A.
Via Monzambano, 10 - 00185 Roma
www.stradeanas.it



Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

IT.PRL.05.22-2- Rev. 1.0

**Fornitura di barriere di sicurezza
stradali Tipo ANAS**

Redatto da:

Il Progettista



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.22-2- Rev.1.0
Dispositivi di sicurezza stradali Tipo ANAS

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



INDICE

PREMESSA	5
1 BARRIERE DI SICUREZZA STRADALI TIPO ANAS	6
1.1 H2 BLSM BORDO LATERALE	6
1.1.1 Caratteristiche geometriche	6
1.1.2 Caratteristiche tecniche	6
1.2 H2 BLSM BORDO LATERALE	7
1.2.1 Caratteristiche geometriche	7
1.2.2 Caratteristiche tecniche	7
1.3 H2 BPSM BORDO PONTE - SERIE CON TONDINI TENDITORI	7
1.3.1 Caratteristiche geometriche	7
1.3.2 Caratteristiche tecniche	8
1.4 H3 BLSM BORDO LATERALE - SERIE CON TONDINI TENDITORI	9
1.4.1 Caratteristiche geometriche	9
1.4.2 Caratteristiche tecniche	9
1.5 H3 BPSM BORDO PONTE - SERIE CON TONDINI TENDITORI	10
1.5.1 Caratteristiche geometriche	10
1.5.2 Caratteristiche tecniche	11
1.6 H4 BPSM BORDO PONTE - SERIE CON TONDINI TENDITORI	11
1.6.1 Caratteristiche geometriche	11
1.6.2 Caratteristiche tecniche	12
2 ELEMENTI SPECIALI	12
3 ZINCATURA	12
4 ACCETTAZIONE E CONTROLLI	13
4.1 MODALITÀ DI CONSEGNA	13
4.2 CONTROLLI ED ACCETTAZIONE DELLA FORNITURA	14
4.2.1 Verifica del processo della produzione.	14
4.2.2 Controllo di conformit� del materiale c/o cantiere di destinazione.	15



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.22-2- Rev.1.0
Dispositivi di sicurezza stradali Tipo ANAS

4.2.3	Controlli di laboratorio ed accettazione del materiale	16
4.3	MARCATURA CE	17
4.4	LABORATORI ACCREDITATI	17
5	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	18
6	NON CONFORMITÀ E SANZIONI	18
7	CERTIFICATO DI CONFORMITÀ	19
8	NORMATIVA	20
9	APPENDICE	21



PREMESSA

ANAS S.p.A., ha progettato e testato al vero una gamma di barriere di sicurezza stradale in acciaio, a nastri e paletti, dotate di un dispositivo aggiuntivo a sagoma stirabile per proteggere i motociclisti dall'urto diretto contro parti taglienti della barriera di sicurezza principale.

Dette barriere di sicurezza sono dotate di uno speciale distanziatore, progettato per ottenere una decelerazione graduale e controllata per i veicoli leggeri urtanti; esaurita questa parte di resistenza controllata dalla deformazione si ha un contenimento che serve nel caso di urto di veicoli pesanti.

La barriera è concepita quindi, oltre che per contenere i veicoli urtanti leggeri e pesanti, all'interno della sede stradale, anche per:

- evitare che i passeggeri delle autovetture non abbiano danni dall'urto, controllando questo fatto con l'uso di manichini antropomorfi nella prova di crash TB11 con la vettura leggera;
- evitare danni gravi ai motociclisti urtanti con l'aggiunta di un dispositivo che eviti l'urto diretto sui paletti e sui bordi taglienti della lama.

Il tutto con il minimo spostamento trasversale a seguito dell'urto, per minimizzare lo spazio necessario a tergo del dispositivo.

Il funzionamento e l'efficacia dei dispositivi così strutturati è certificato nei rapporti delle prove di crash eseguite sul campo prova AISICO di Anagni, certificato in Qualità ISO 17025, redatti ai sensi della UNI EN 1317 parte 1/2/3/4 e/o s.m.i.

Il presente Capitolato Speciale di Appalto specifica i requisiti, le caratteristiche prestazionali, le modalità di accettazione e di controllo dei materiali che compongono le [barriere di sicurezza stradali di Tipo ANAS](#). Le tipologie di materiali e strutture elencate, costituiscono l'insieme delle soluzioni tecniche che ANAS considera tecnicamente e qualitativamente allo scopo.

Per risoluzione di casi particolarmente critici e complessi di posa in opera, ANAS si riserva di richiedere all'Aggiudicatario l'esecuzione di prove di crash al vero nei campi prova accreditati per l'accettazione di soluzioni di barriera ANAS diverse da quella oggetto del presente capitolato, fino ad un max di 10 prove. L'onere delle prove richieste, compresa la fornitura, trasporto ed installazione delle barriere oggetto del crash test, il relativo rapporto di Prova (che dovrà essere emesso esclusivamente a nome ANAS) sarà completamente a carico dell'Aggiudicatario.

Le soluzioni ANAS, tutte in acciaio, interessate dal presente Capitolato sono le seguenti:

- H2 BLSMC Bordo Laterale
- H2BLSMCV.2 Bordo Laterale per arginelli ridotti



- H2 BPSMC Bordo Ponte
- H3 BLSMC Bordo Laterale
- H3 BPSMC Bordo Ponte
- H4 BPSMC Bordo Ponte

1 BARRIERE DI SICUREZZA STRADALI TIPO ANAS

1.1 H2 BLSM BORDO LATERALE

1.1.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

La barriera di sicurezza tipo ANAS H2 BLSM ha una struttura composta da una tripla onda superiore da 3 mm. di spessore, posta ad un'altezza media di circa 950 mm., e da un profilato a basso spessore (1,5mm) destinato alla protezione dei motociclisti, opportunamente sagomato, collegato alla parte inferiore della lama; detto profilo termina a 50 mm dalla superficie del terreno per permettere lo smaltimento delle acque di pioggia, senza che sia possibile l'infilamento al di sotto del corpo del motociclista o di parti di esso.

La lama e la parte inferiore del profilo DSM sono collegati ai paletti infissi nel terreno; il profilo in modo diretto e la lama tramite specifico distanziatore *universale* a tempo di deformazione rallentato descritto nel seguito.

I paletti sono a sezione a "C" 125x62,5x25 di 5 mm di spessore, posti ad interasse di 2250 mm., lunghi 1800 mm. ed infissi nel terreno per 880 mm.

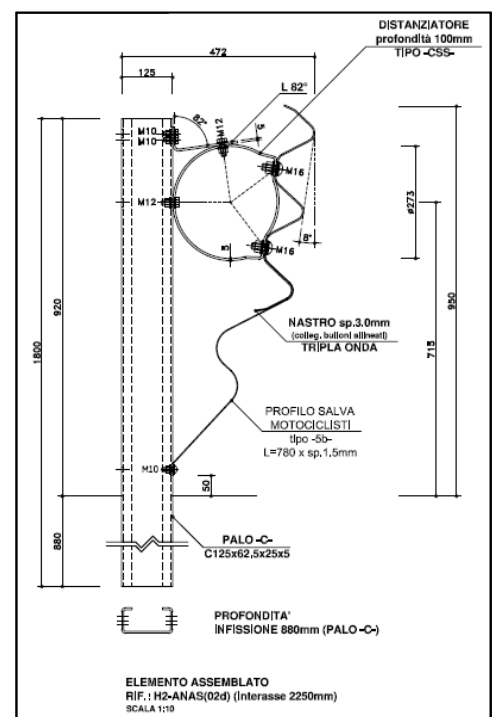
L'altezza massima della barriera (filo superiore della tripla onda) è di 950 mm., mentre l'ingombro trasversale tra paletto lato esterno e fronte strada è di 472 mm.

Il distanziatore universale è a tempo di deformazione rallentato.

1.1.2 CARATTERISTICHE TECNICHE

Tutti gli elementi costituenti la barriera sono in acciaio S235JR (ex Fe 360B), ad eccezione di:

- S185 (ex Fe 320) per profilo salva motociclisti;
- Viti: Classe 6.8 e 8.8;





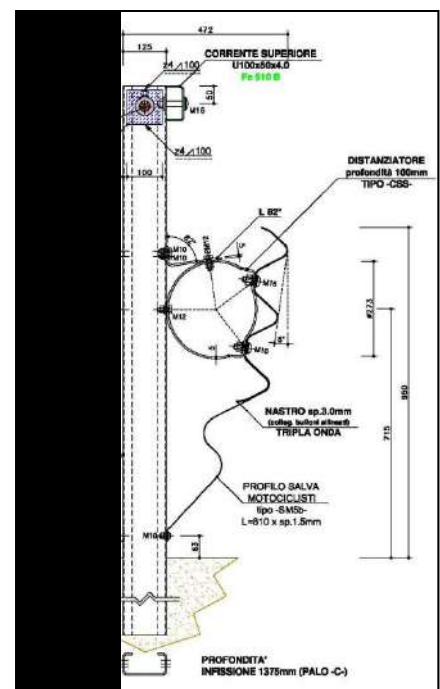
- Dadi: Classe 6 e 8, Rosette Acciaio C50;
- Piastrina: S275JR (ex Fe 430B).

1.2 H2 BLSM BORDO LATERALE

1.2.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Per casi critici di posa in opera, arginelli ridotti, terreno non compattato e con terreno superficiale vegetale, è stata predisposta da Anas una barriera stradale continua di classe H2 bordo laterale modificata per per usi di installazioni diverse da quelle standard. Il crash test al vero è stato eseguito non in piano ma con vuoto a tergo della barriera, con 20 cm di terreno dietro il montante.

La barriera ANAS H2 BLSMC V.2 ha una struttura assimilabile a quella della barriera Anas H2BL con la modifica della lunghezza del palo pari a 2730 mm con profondità di infissione di 1375 mm e l'inserimento del mancorrente, dei tondini tenditori Ø24 e dei manicotti a 8 viti unione barre e a 2 viti blocca barre, ai fini del contenimento dei veicoli pesanti.



1.2.2 CARATTERISTICHE TECNICHE

Tutti gli elementi costituenti la barriera sono in acciaio S235JR (ex Fe 360B), ad eccezione di:

- S185 (ex Fe 320) per profilo salva motociclisti;
- Viti: Classe 6.8 e 8.8;
- Dadi: Classe 6 e 8, Rosette Acciaio C50;
- Piastrina: S275JR (ex Fe 430B).

1.3 H2 BPSM BORDO PONTE - SERIE CON TONDINI TENDITORI

1.3.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

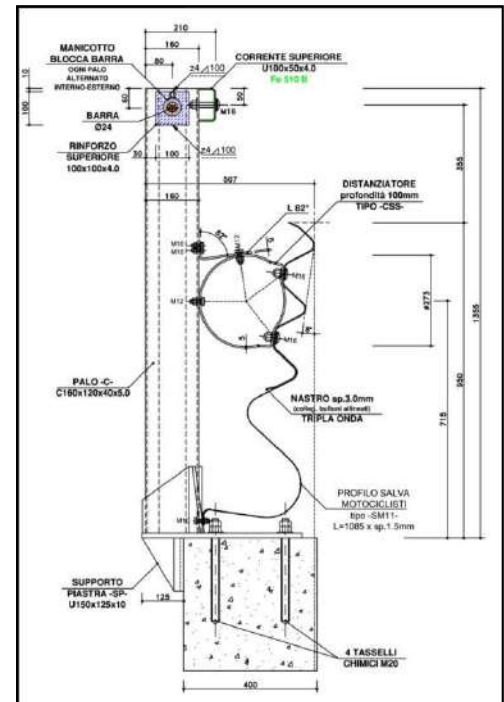
La barriera di sicurezza tipo ANAS H2 BPSM, è caratterizzata da una piastra di appoggio di due tipi: quello di minor resistenza, testato nei crash test di riferimento, è progettato per cordoli stretti di almeno 40 cm di larghezza e va montato a filo del cordolo come mostrato in figura.



Della barriera esiste una variante equivalente in prestazioni, per cordoli larghi, cioè di almeno 50 cm, che permette l'appoggio completo della piastra di base per cui l'elemento ad U 150x125x10 mm non è necessario.

La parte frontale ha montato un profilo continuo che eviti danni gravi ai motociclisti urtanti impedendo l'urto diretto su elementi discontinui come i paletti e/o sui bordi taglienti della lama. Ai fini di ottimizzare le manutenzioni, distanziatore, DSM, tondino e manicotti anti-spanciamiento sono sempre gli stessi in tutte le barriere di progetto ANAS della serie "con tondino".

La barriera è composta da un **mancorrente superiore** di profilato scatolare di 4,0 mm di spessore rinforzato che ricopre un tondino di acciaio B450C $\Phi 24$ mm inserito nell'anima dei paletti e da una tripla onda sottostante da 3,0 mm di spessore; ad essa è connesso un profilato sottile (1,5 mm) destinato, alla protezione dei motociclisti, opportunamente sagomato, collegato alla parte inferiore della lama; detto profilo passa con la sua parte più bassa, a circa 50 mm dalla superficie del cordolo di supporto, senza che sia possibile l'infilamento al di sotto del corpo del motociclista o di parti di esso.



La lama e la parte inferiore del DSM sono collegati ai paletti ancorati al cordolo; il DSM in modo diretto e la lama tramite specifico distanziatore universale a tempo di deformazione rallentato descritto nel seguito.

I paletti sono a sezione a "C" 160x120x40 di 5,0 mm di spessore, posti ad interasse di 2250 mm., lunghi 1355 mm. E saldati alle piastre.

L'altezza massima della barriera (filo superiore della tripla onda) è di 950 mm, mentre l'ingombro trasversale tra paletto lato esterno e fronte strada è di 507 mm.

Il distanziatore universale è a tempo di deformazione rallentato.

1.3.2 CARATTERISTICHE TECNICHE

Tutti gli elementi costituenti la barriera sono in acciaio S275JR (ex Fe 430B), ad eccezione di:

- S235JR (ex Fe 360B) per nastro, distanziatore e profilo salva motociclisti
- S355JR (ex Fe 510B) per corrimano copri barre
- B 450 C per barra



- Viti: Classe 6.8 e 8.8;
- Dadi: Classe 6 e 8, Rosetta Acciaio C 50;
- Piastrina: S275JR (ex Fe 430B).

□

1.4 H3 BLSM BORDO LATERALE - SERIE CON TONDINI TENDITORI

1.4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

La barriera di sicurezza tipo ANAS H3 BLSM è composta da una tripla onda superiore da 2.7 mm. di spessore, posta ad un'altezza media di circa 950 mm., e da un profilato a basso spessore (1,5mm) destinato alla protezione dei motociclisti, opportunamente sagomato, collegato alla parte inferiore della lama; detto profilo termina a 50 mm dalla superficie del terreno per permettere lo smaltimento delle acque di pioggia, senza che sia possibile l'infilamento al di sotto del corpo del motociclista o di parti di esso.

La lama e la parte inferiore del profilo DSM sono collegati ai paletti infissi nel terreno; il profilo in modo diretto e la lama tramite specifico distanziatore *universale* a tempo di deformazione rallentato descritto nel seguito.

I paletti sono a sezione a "C" 160x120x40 di 4,5 mm di spessore, posti ad interasse di 1500 mm., lunghi 2450 mm. ed infissi nel terreno per 950 mm.

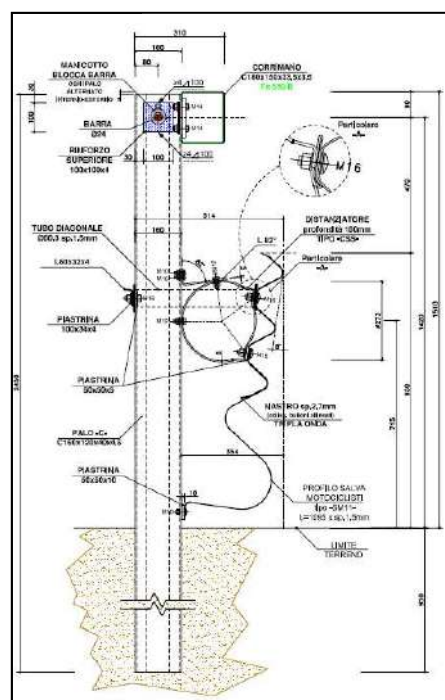
L'altezza massima della barriera (filo superiore della tripla onda) è di 950 mm., mentre l'ingombro trasversale tra paletto lato esterno e fronte strada è di 514 mm.

Il distanziatore *universale* è a tempo di deformazione rallentato.

1.4.2 CARATTERISTICHE TECNICHE

Tutti gli elementi costituenti la barriera sono in acciaio S275JR (ex Fe 430B), ad eccezione di:

- S235JR (ex Fe 360B) per nastro, distanziatore e profilo salva motociclisti
- S355JR (ex Fe 510B) per corrimano copri barre
- B 450 C per barra;
- Viti: Classe 6.8 e 8.8;
- Dadi: Classe 6 e 8, Rosette Acciaio C50;
- Piastrina: S275JR (ex Fe 430B).





1.5 H3 BPSM BORDO PONTE - SERIE CON TONDINI TENDITORI

1.5.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

La barriera di sicurezza tipo ANAS H3 BPSM, è caratterizzata da una piastra di appoggio di due tipi: quello di minor resistenza, testato nei crash test di riferimento, è progettato per cordoli stretti di almeno 40 cm di larghezza e va montato a filo del cordolo come mostrato in figura.

Della barriera esiste una variante equivalente in prestazioni, per cordoli larghi, cioè di almeno 50 cm, che permette l'appoggio completo della piastra di base per cui l'elemento ad U 150x125x10 mm non è necessario.

La parte frontale, ha montato un profilo continuo che eviti danni gravi ai motociclisti urtanti impedendo l'urto diretto su elementi discontinui come i paletti e/o sui bordi taglienti della lama.

Ai fini di ottimizzare le manutenzioni, distanziatore, DSM, tondino e manicotti anti-spanciamento sono sempre gli stessi in tutte le barriere di progetto ANAS della serie "con tondino".

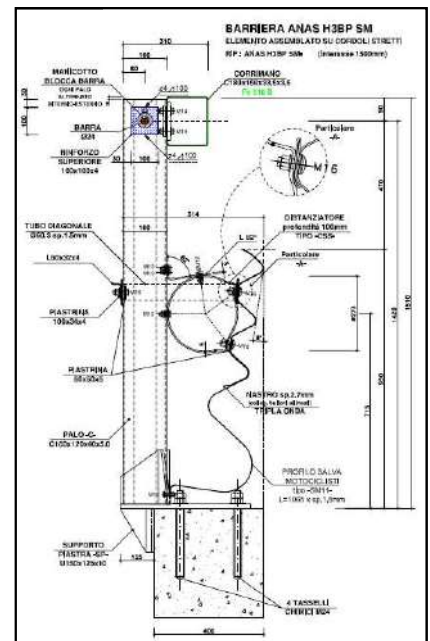
La barriera è composta da un **mancorrente superiore** di profilato scatolare di 3,5 mm di spessore rinforzato che ricopre un tondino di acciaio B450C $\Phi 24$ mm inserito nell'anima dei paletti e da una tripla onda sottostante da 2,7 mm di spessore; ad essa è connesso un profilato sottile (1,5 mm) destinato, alla protezione dei motociclisti, opportunamente sagomato, collegato alla parte inferiore della lama; detto profilo passa con la sua parte più bassa, a circa 50 mm dalla superficie del cordolo di supporto, senza che sia possibile l'infilamento al di sotto del corpo del motociclista o di parti di esso.

La **lama e la parte inferiore del DSM** sono collegati ai paletti ancorati al cordolo; il DSM in modo diretto e la lama tramite specifico distanziatore universale a tempo di deformazione rallentato descritto nel seguito.

I **paletti** sono a sezione a "C" 160x120x40 di 5,0 mm di spessore, posti ad interasse di 1500 mm, lunghi 1510 mm e saldati alle piastre.

L'**altezza massima della barriera** (filo superiore della tripla onda) è di 950 mm, mentre l'ingombro trasversale tra paletto lato esterno e fronte strada è di 514 mm.

Il **distanziatore universale** è a tempo di deformazione rallentato.





1.5.2 CARATTERISTICHE TECNICHE

Tutti gli elementi costituenti la barriera sono in acciaio S275JR (ex Fe 430B), ad eccezione di:

- S235JR (ex Fe 360B) per nastro , distanziatore e profilo salva motociclisti
- S355JR (ex Fe 510B) per corrimano copri barre
- B 450 C per barra.
- Viti: Classe 6.8 e 8.8;
- Dadi: Classe 6 e 8, Rosette Acciaio C50;
- Piastrine: S275JR (ex Fe 430B).

1.6 H4 BPSM BORDO PONTE - SERIE CON TONDINI TENDITORI

1.6.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

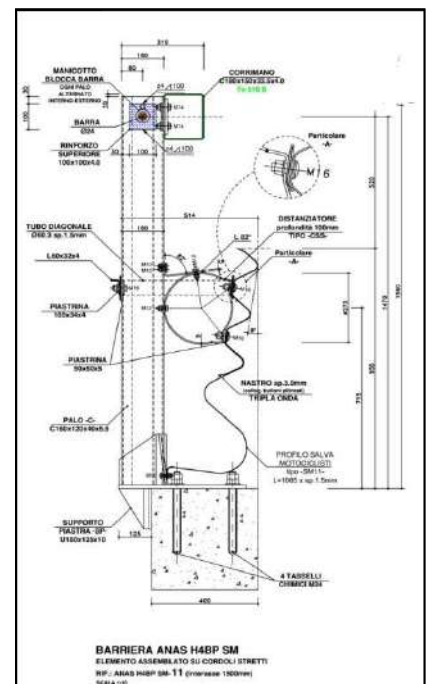
La barriera di sicurezza tipo ANAS H4 BPSM, è caratterizzata da una piastra di appoggio di due tipi: quello di minor resistenza, testato nei crash test di riferimento, è progettato per cordoli stretti di almeno 400 mm di larghezza e va montato a filo del cordolo come mostrato in figura.

Della barriera esiste una variante equivalente in prestazioni, per cordoli larghi, cioè di almeno 50 cm, che permette l'appoggio completo della piastra di base per cui l'elemento ad U 150x125x10 mm non è necessario.

La parte frontale, ha montato un profilo continuo che eviti danni gravi ai motociclisti urtanti impedendo l'urto diretto su elementi discontinui come i paletti e/o sui bordi taglienti della lama.

Ai fini di ottimizzare le manutenzioni, distanziatore, DSM, tondino e manicotti anti-spanciamento sono sempre gli stessi in tutte le barriere di progetto ANAS della serie "con tondino".

La barriera è composta da un mancorrente superiore di profilato scatolare di 4,0 mm di spessore rinforzato che ricopre un tondino di acciaio B450C Φ 24mm inserito nell'anima dei paletti e da una tripla onda sottostante da 3,0 mm. di spessore; ad essa e connesso un profilato sottile (1,5 mm) destinato, alla protezione dei motociclisti, opportunamente sagomato, collegato alla parte inferiore della lama; detto profilo passa con la sua parte più bassa, a circa 50 mm dalla superficie del





cordolo di supporto, senza che sia possibile l'infilamento al di sotto del corpo del motociclista o di parti di esso.

La lama e la parte inferiore del DSM sono collegati ai paletti ancorati al cordolo; il DSM in modo diretto e la lama tramite specifico distanziatore universale a tempo di deformazione rallentato descritto nel seguito.

I paletti sono a sezione a "C" 160x120x40 di 5,5 mm di spessore, posti ad interasse di 1500 mm., lunghi 1560 mm. e saldati alle piastre.

L'altezza massima della barriera (filo superiore della tripla onda) è di 950 mm., mentre l'ingombro trasversale tra paletto lato esterno e fronte strada è di 514 mm.

Il distanziatore universale è a tempo di deformazione rallentato.

1.6.2 CARATTERISTICHE TECNICHE

Tutti gli elementi costituenti la barriera sono in acciaio S275JR (ex Fe 430B), ad eccezione di:

- S235JR (ex Fe 360B) per nastro, distanziatore e profilo salva motociclisti
- S355JR (ex Fe 510B) per corrimano copri barre
- B 450 C per barra
- Viti: Classe 6.8 e 8.8;
- Dadi: Classe 6 e 8, Rosette Acciaio C50;
- Piastrina: S275JR (ex Fe 430B).

2 ELEMENTI SPECIALI

L'aggiudicatario ha l'onere di assistere e supportare nella progettazione il progettista della sistemazione stradale (PSS) ANAS, di elaborare i disegni tecnici costruttivi d'officina (che dovranno essere resi disponibili ad ANAS S.p.A. su supporto informatico in formato dwg) e della produzione degli elementi speciali quali, ad es. (a titolo esemplificativo e non esaustivo): connessioni tra profilo salvamotociclisti e palo di barriera commerciale/muro, elemento terminale del profilo salvamotociclisti di inizio/fine tratta, corrimano tra barriere tipo Anas e barriera commerciale/muro, cuspidi e, più in generale, tutte le connessioni tra barriera di tipo Anas e barriera commerciale. Tutti gli elementi speciali saranno liquidati a peso (€/Kg) .

Tutti i tratti curvi di barriera non sono considerati elementi speciali e pertanto saranno compensati con gli stessi prezzi contrattuali (€/ml) delle barriere tipo ANAS.

3 ZINCATURA



Ogni elemento della barriera di sicurezza tipo ANAS dovrà essere protetto, su entrambe le facce, da zincatura a caldo eseguita secondo la norma UNI EN ISO 1461, dopo l'avvenuta piegatura ed aggraffatura o saldatura dell'elemento, secondo gli spessori per faccia indicati.

Tale norma indica spessori minimi relativi al processo di zincatura a caldo.

La tabella 1 fornisce i valori minimi e medi richiesti da ANAS.

Tabella 1 Valori minimi di spessore di zincatura a caldo UNI EN ISO 1461

Articolo e suo spessore	Spessore locale del rivestimento (minimo) μm	Massa del rivestimento locale (minima) g/m^2	Spessore medio del rivestimento (minimo) μm	Massa media del Rivestimento (minima) g/m^2
Acciaio > 6 mm	70	505	85	610
Acciaio da > 3 mm a \leq 6 mm	55	395	70	505
Acciaio da \geq 1,5 mm a \leq 3 mm	45	325	55	395
Acciaio < 1,5 mm	35	250	45	325

Le lamiere finite dovranno essere esenti da difetti come: soffiature, bolle di fusione, macchie, scalfitture, parti non zincate, ruvidità, punte, ecc.

Per la zincatura sui bulloni, si dovrà fare riferimento alla norma UNI EN ISO 10684.

4 ACCETTAZIONE E CONTROLLI

Nel presente paragrafo si descrivono le modalità di consegna della fornitura e le fasi di controllo ed accettazione della stessa per la valutazione di conformità alle prescrizioni contrattuali.

4.1 MODALITÀ DI CONSEGNA

L'Aggiudicatario, a suo onere, dovrà procedere al trasferimento delle barriere dallo stabilimento di produzione al cantiere di destinazione ed allo scarico dei materiali.

Al momento della consegna della fornitura presso il cantiere di destinazione, l'Aggiudicatario fornirà ad ANAS tutta la documentazione di accompagnamento necessaria per individuare, dal punto di vista qualitativo, certificativo e amministrativo come previsto contrattualmente, la fornitura oggetto della consegna.



Il materiale dovrà essere confezionato in colli opportunamente imballati e identificati in modo tale da individuare tutti i componenti costituenti i dispositivi di ritenuta stradale oltre transizioni, terminali, campioni da sottoporre a prove di laboratorio, ecc. In particolare su ogni collo dovrà essere apposta una targhetta indicante il n. progressivo del collo, la tipologia degli elementi costituenti la barriera identificati attraverso la descrizione o un codice ID (che possa metterli in correlazione con il DDT) e le relative quantità.

Sarà cura dell'Aggiudicatario assicurare l'integrità e conservazione sia dell'imballaggio sia del prodotto, nonché il mantenimento dei dati di identificazione.

L'incaricato ANAS (Direttore dei Lavori della posa in opera o Direttore operativo della fornitura) eseguirà i controlli sulla documentazione di accompagnamento della fornitura (certificazione, marcatura degli imballaggi, ecc.), sul quantitativo, sulla punzonatura ed etichettatura, nonché provvederà alla [pesatura dei materiali](#) con rilascio di idoneo talloncino di pesatura, in contraddittorio con l'Aggiudicatario. Tale pesatura dovrà essere effettuata presso una [pesa pubblica](#) o presso [sito dotato di pesa con certificato di taratura](#) e sottoposta a verifica periodica secondo le modalità e le periodicità definite dalla normativa vigente.

La consegna c/o cantiere di destinazione [non costituisce accettazione](#) ai fini del trasferimento della proprietà dei materiali oggetto della fornitura, che resta subordinato agli accertamenti previsti al paragrafo 4.2 da parte del Direttore dei Lavori della posa in opera o del Direttore operativo della fornitura e dalle verifiche operate dal Direttore dell'esecuzione del contratto.

4.2 CONTROLLI ED ACCETTAZIONE DELLA FORNITURA

L'accettazione della fornitura da parte di ANAS per ogni specifica partita conseguente ad un ordinativo, propedeutica anche alla sua contabilizzazione, si basa sugli accertamenti e relativa documentazione rilevati nelle seguenti fasi:

- [Verifica del processo della produzione c/o sito di produzione dell'Aggiudicatario](#) (effettuato dal Direttore dell'esecuzione del contratto);
- [Controllo di conformità del materiale c/o cantiere di destinazione](#) (effettuato dal Direttore dei Lavori della posa in opera o dal Direttore Operativo della fornitura);
- [Controlli di laboratorio ed accettazione del materiale](#) (effettuato dal Direttore dei Lavori della posa in opera o dal Direttore Operativo della fornitura)

□

4.2.1 VERIFICA DEL PROCESSO DELLA PRODUZIONE.

La [verifica del processo di produzione](#), da effettuarsi presso lo stabilimento del produttore, è rivolta ad accertare principalmente:



- il sistema di controllo e accettazione delle materie prime (coil d'origine) e dei materiali complementari (bulloneria, etc.);
- criteri e modalit  di applicazione delle procedure/istruzioni operative od altri documenti indicati nel controllo di produzione di fabbrica;
- le procedure/istruzioni per la movimentazione, stoccaggio, imballaggio e spedizione dei prodotti finiti, che devono essere mantenuti sistematicamente sotto controllo.
- il sistema di identificazione e correlazione tra le materie prime, le lavorazioni di trasformazione e il prodotto finito (rintracciabilit 
- gestione delle non conformit .

La valutazione dei risultati delle verifiche eseguite dal Direttore dell'esecuzione del contratto, con l'avallo del RP,   basata sulla congruenza fra le informazioni ed i dati forniti dall'Azienda circa il proprio sistema di produzione in qualit , con quanto viene accertato in sede di verifica.

4.2.2 CONTROLLO DI CONFORMIT  DEL MATERIALE C/O CANTIERE DI DESTINAZIONE.

Il Controllo di conformit  del materiale fornito, come indicato al paragrafo precedente, per ogni specifica partita di fornitura, verr  effettuato da un incaricato ANAS (Direttore dei Lavori della posa in opera o Direttore Operativo della fornitura) di volta in volta comunicato, e si articola nelle seguenti fasi:

- corrispondenza quantitativa e dimensionale rispetto a quanto ordinato;
- verifica della punzonatura e dell'etichettatura;
- verifica documentazione di accompagnamento di seguito elencata:
 - Dichiarazione di Prestazione (DoP) per ogni tipologia di barriera di sicurezza, secondo le prescrizione della Norma UNI EN 1317-5;
 - Certificati di origine dei materiali impiegati;
 - Schemi di rintracciabilit  dei materiali impiegati;
 - Attestazione di conformit  dei materiali impiegati;
 - Dichiarazione del processo di zincatura ai sensi della norma UNI EN ISO 1461:2009;
 - Certificati sulle saldature ai sensi della norma UNI EN ISO 3834-2:2006;
 - Certificato di Conformit  CE redatto da Enti di Certificazione;
 - Distinte dei materiali prodotti;
 - Documento di Trasporto;
 - Manuale di installazione (anticipato via email entro 4 gg dalla consegna).

Si considera detta documentazione di accompagnamento parte integrante della fornitura.



L'Aggiudicatario ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutte le distinte dei materiali prodotti e realizzati, con l'indicazione delle quantità parziali e totali, nonché l'indicazione necessarie alla individuazione delle quantità riportate negli ordinativi.

Tali distinte, da predisporre su supporto informatico (files excel e PDF) saranno obbligatoriamente inviate tempestivamente e anticipatamente la data di consegna delle forniture all'incaricato ANAS ed al Direttore dell'esecuzione del contratto per le necessarie verifiche circa le misurazioni e i controlli.

- Alla fine del controllo, l'incaricato ANAS provvederà a redigere, in contraddittorio con l'Aggiudicatario e con l'Appaltatore della posa, apposito [Verbale di riscontro](#) del tipo e quantitativo del materiale consegnato e della documentazione in accompagnamento.
- Successivamente all'emissione del verbale di riscontro (a cui seguirà l'invio dei campioni da sottoporre a verifica da parte dei laboratori accreditati secondo ISO 17025), per ogni partita di fornitura sarà redatto relativo [Atto contabile](#) a cura dell'incaricato Anas, con indicazione della descrizione della fornitura, delle quantità e dei prezzi unitari contrattuali per la definizione dell'importo da contabilizzare. Detto documento dovrà essere sottoscritto dall'Aggiudicatario.
- L'incaricato ANAS provvederà quindi all'inoltro al DEC di un [Rapporto di Verifica](#) con allegati il predetto Verbale di riscontro, tutta la documentazione di accompagnamento, le distinte materiali (DDT) e l'Atto contabile, con apposito resoconto su eventuali situazioni rilevate e non sanate da parte dell'Aggiudicatario che comportino applicazione di sanzioni e/o penali come stabilito contrattualmente.

Ad esito positivo sul controllo della fornitura e successivamente al ricevimento del suddetto Rapporto di Verifica con gli allegati, il Direttore dell'esecuzione del contratto provvederà alla contabilizzazione della fornitura stessa operando una [trattenuta economica del 10%](#) che potrà essere svincolata solo ad esito positivo delle prove sui materiali, mantenendo la fidejussione bancaria originale, e disponendo l'applicazione di eventuali penali stabilite contrattualmente.

Di conseguenza il RP predisporrà il relativo [Certificato di Pagamento della fornitura](#), come rata di acconto relativa alla partita oggetto dell'ordine, per l'emissione dello stesso da parte del Responsabile dell'UT del Compartimento.

4.2.3 CONTROLLI DI LABORATORIO ED ACCETTAZIONE DEL MATERIALE

Per ogni partita di fornitura che giunge al cantiere di destinazione, l'incaricato ANAS eseguirà dei prelievi sui componenti di ogni tipologia di barriera, come specificato nella Tabella A riportata in appendice, invitando l'Aggiudicatario per il contraddittorio. Se l'Aggiudicatario non si presenta il giorno e l'ora della convocazione, si procederà comunque in sua assenza.



Su tale prelievo, allo scopo di garantire l'effettiva rispondenza tra la campionatura stessa ed i dati riportati nel progetto/rapporto di prova, dovranno essere eseguite tutte le prove di laboratorio, presso laboratori accreditati scelti da ANAS, di cui al paragrafo 4.4 per la verifica delle caratteristiche tecniche e prestazionali dei materiali impiegati quali ad es. prove di trazione su provette ricavate da profilati e sui bulloni, verifica dimensionale, determinazione dello spessore, nonché degli spessori e dell'uniformità del rivestimento protettivo di zinco dei dispositivi in acciaio, con le prove previste dalla Norme UNI EN ISO 1461 o dalla norma UNI EN ISO 14713-1.

L'Aggiudicatario ha la facoltà - qualora lo richieda all'atto del prelievo dei campioni - di assistere alle prove o di farsi rappresentare.

In caso di **esito positivo** delle prove eseguite su tutti i campioni prelevati oggetto di verifica, l'incaricato ANAS (il Direttore dei Lavori della posa in opera o il Direttore Operativo della fornitura) provvederà a rilasciare apposito **Verbale di Accettazione del materiale** che trasmetterà al Direttore dell'esecuzione del contratto, necessario allo svincolo della trattenuta del 10%. L'esito delle prove, certificato come da normativa, farà fede a tutti gli effetti ed in particolare per il rilascio del Verbale di Accettazione del materiale a cui detti certificati vanno allegati.

4.3 MARCATURA CE

Il rilascio della Marcatura CE per le barriere di sicurezza stradali avviene sulla base della individuazione del sistema applicabile di Valutazione e Verifica della Costanza della Prestazione. Tale sistema di Valutazione e Verifica della Costanza della Prestazione per le barriere stradali (definito nell'allegato ZA.2 della norma UNI EN 1317-5) è il sistema 1 tra quelli di attestazione previsti dal Regolamento UE 305/2011.

La Marcatura CE delle barriere di sicurezza stradali tipo Anas ai sensi Norma UNI EN 1317-5, sarà a cura e a carico di ANAS S.p.A..

ANAS S.p.A. consegnerà all'Aggiudicatario, al momento della stipula del contratto, gli elaborati tecnici delle barriere tipo ANAS solo ed esclusivamente ai fini della produzione.

A tal riguardo, l'Aggiudicatario dovrà sottoscrivere apposita nota di riservatezza per l'uso degli elaborati consegnati che resteranno di proprietà esclusiva dell'ANAS. Di tali elaborati è vietata la diffusione e qualsiasi uso diverso se non strettamente connesso con il presente appalto o non autorizzato da ANAS.

La punzonatura degli elementi principali (nastri tripla onda, profilo salva motociclisti, montanti, mancorrenti e distanziatori) e l'etichettatura, definite secondo le indicazioni di Anas, sono a carico dell'Aggiudicatario.

4.4 LABORATORI ACCREDITATI



Le **prove di qualifica** eseguite in integrazione alla **Marcatura CE**, nonch  le **prove di collaudo o verifica** eseguite sui materiali o sui singoli componenti dei dispositivi di ritenuta stradale, dovranno essere effettuate da **laboratori accreditati** secondo la Norma ISO 17025 da Ente ACCREDIA, da Enti equivalenti europei affiliati all'associazione degli organismi di accreditamento europei EA (<http://www.european-accreditation.org>).

5 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

A seguito della, trasmissione del Rapporto di Verifica con i relativi allegati da parte dell'incaricato ANAS al DEC, quest'ultimo eseguir  le verifiche finali amministrative-contabili propedeutiche alla predisposizione del **Certificato di pagamento della fornitura** per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito contrattualmente in merito ai pagamenti.

Si evidenzia, inoltre, che tutta la documentazione contabile resterr  di propriet  dell'ANAS.

La contabilizzazione avverr :

- a peso, per i singoli elementi costituenti la barriera in caso di sostituzione degli stessi e per gli elementi speciali richiesti da ANAS quali (a titolo esemplificativo e non esaustivo): connessioni tra profilo salvamotociclisti e palo di barriera commerciale/muro, elemento terminale del profilo salvamotociclisti di inizio/fine tratta, corrimano tra barriere tipo Anas e barriera commerciale/muro.
- a metro lineare per la barriera stradale e per i terminali semplici.

Nel prezzo sono compresi e compensati tutti gli oneri per le varie lavorazioni, la fornitura dei dispositivi rinfrangenti, la bulloneria, i tirafondi e accessori vari, tutti gli elementi sottoposti ai controlli di laboratorio di cui alla "Tabella A Controlli" ed indicati negli ordinativi, la punzonatura, le spese per la gestione logistica e quanto altro occorre per dare la fornitura completa ed a regola d'arte.

6 NON CONFORMIT  E SANZIONI

Tutti gli elementi che compongono i dispositivi di ritenuta saranno verificati nel corso della fornitura.

Ogni inidoneit  riscontrata a seguito delle predette verifiche, prove e controlli, obbliga l'Aggiudicatario all'applicazione dei necessari correttivi, ovvero alla sostituzione del componente inidoneo con altro componente che assicuri le caratteristiche richieste, il tutto nei tempi stabiliti negli ordini di servizio impartiti.



Qualora le caratteristiche e la qualità dei materiali non dovessero rispondere ai requisiti progettuali richiesti, la specifica partita cui il materiale non conforme appartiene sarà ritenuta **non conforme** e pertanto, si procederà nei modi di seguito descritti:

- per irregolarità relative alla *qualità dei materiali e alle caratteristiche geometriche degli elementi* (spessori, dimensioni, ecc.) e quanto altro **possa concorrere, anche in modo parziale, a compromettere la resistenza strutturale** (compresi i minori spessori di zincatura oltre il valore limite definito al punto che segue), l'Aggiudicatario sarà tenuto a sostituire a sue spese i materiali non conformi con altri che rispondano alle caratteristiche richieste, nei tempi impartiti dal Direttore lavori della posa in opera.

In particolare, in caso di esito negativo delle prove di cui al paragrafo 4.2.3, anche su uno specifico elemento di barriera, sarà necessario eseguire ulteriori prelievi da sottoporre a prove. In questo caso, per ciascuna tipologia di elemento non risultato conforme, il numero di prelievi da effettuare deve essere almeno il doppio di quelli previsti dalla Tabella A. Sarà onere dell'Aggiudicatario la fornitura di detti campioni e delle nuove prove da eseguire senza che lo stesso possa avanzare alcuna riserva o richiesta di rimborso. Su tali prelievi, il materiale sarà accettato qualora il numero delle prove con esito positivo risulti maggiore del 70% del totale delle prove aggiuntive eseguite. In caso di esito negativo l'Aggiudicatario sarà tenuto a sostituire, a sue spese, tutti gli elementi non conformi con altri che rispondano alle caratteristiche richieste. Sui nuovi elementi in sostituzione il Direttore dei Lavori della posa in opera si riserva di eseguire ulteriori verifiche e prove come sopra indicate, a cura e spese dell'Aggiudicatario.

- per irregolarità relative allo spessore delle protezioni anticorrosive che, **non concorrano a compromettere le prestazioni della barriera di sicurezza** e comunque non superiore al 20% di spessore in meno, si procederà all'applicazione di una sanzione corrispondente ad una riduzione percentuale del prezzo contrattuale del materiale che ha presentato irregolarità pari alla percentuale di spessore mancante rispetto al valore prescritto. Oltre il 20% di spessore di protezione anticorrosiva in meno, come indicato al punto precedente, l'Aggiudicatario sarà tenuto a sostituire a sue spese i materiali non conformi con altri che rispondano alle caratteristiche richieste, nei tempi impartiti dal Direttore lavori della posa in opera.

In ogni caso, i materiali rifiutati dovranno essere immediatamente ritirati e smaltiti a cura e spese dell'Aggiudicatario.

7 CERTIFICATO DI CONFORMITÀ

Al completamento di ogni partita di fornitura, successivamente all'emissione del Certificato di Accettazione del Materiale e terminata le attività di verifica finale di tutta la documentazione prodotta a comprova della corrispondenza della prestazione con quanto previsto contrattualmente, si procederà al rilascio del relativo **Certificato di Conformità** a firma del Direttore dell'esecuzione



del contratto, del RP e del Responsabile dell'UT del Compartimento, che permetterà la liquidazione amministrativa-contabile relativa alla rata di saldo della fornitura.

Sulla scorta del Rapporto di Verifica prodotto dall'incaricato ANAS, nel caso si siano rilevate situazioni che comportino applicazione di sanzioni e/o penali come stabilito nel presente CSA e nel contratto, il DEC ne produrrà apposito resoconto.

8 **NORMATIVA**

Per le Barriere di sicurezza, in quanto attrezzature stradali, deve essere rilasciata la dichiarazione di prestazione (Marcatura CE, secondo la Norma armonizzata UNI EN 1317) così come già prescritto dal "Regolamento Europeo Prodotti da Costruzione" CPR (pubblicato il 4 aprile 2011 sulla G.U.U.E. L 88/5), emanato in sostituzione della precedente Direttiva CPD.

Il suddetto Regolamento è entrato definitivamente in vigore a partire dal 1 luglio 2013, con effetto immediato in ambito europeo.

I dispositivi di sicurezza stradali dovranno essere progettati, verificati e realizzati a norma della seguente disposizione ed ai relativi aggiornamenti delle istruzioni ad essa allegate:

- Decreto Ministeriale LL.PP. n. 223 del 18 febbraio 1992.
- D.M. n. 2367 del 21 giugno 2004; in particolare il riferimento esplicativo di dettaglio sarà quello della modifica che si collega alla norma europea UNI EN 1317 per ciò che concerne la verifica delle soluzioni da usare e definisce gli impegni del progettista delle sistemazioni su strada;
- D.M. del 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" punto 5.1.3 "Azioni sui ponti stradali"; nel caso di protezioni da installare su ponti (viadotti, sottovia o cavalcavia, sovrappassi, sottopassi, strade sopraelevate, ecc.);
- UNI EN 1317 Marcatura CE; unico requisito ai fini dell'impiego dei dispositivi di sicurezza passivi (per il momento limitandosi alle barriere ed agli attenuatori d'urto);
- Circolare Ministeriale n. 62032 del 21/07/2010, uniforma le norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali;
- D.M. n. 253 del 2011, disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale.
- Regolamento (UE) n.305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio, entrato in vigore dal 1 luglio 2013, che fissa "Condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio".



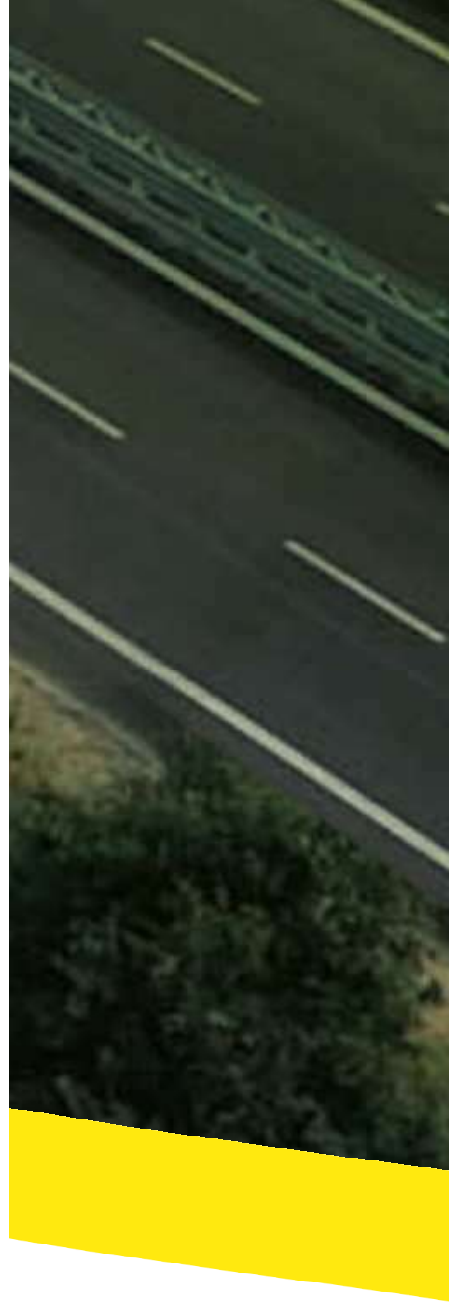
9 APPENDICE

Di seguito viene riportata la tabella A dei prelievi per i controlli di accettazione dei dispositivi di ritenuta stradale. Per L, si intende la lunghezza, espressa in ml, della barriera indicata nell'ordinativo per singola tipologia.

Tabella A: Prelievi per i controlli

Elemento	Tipologia di acciaio secondo la UNI EN 10027-1						N° DI PRELIEVI			
	H2BL V2	H2BL	H2BP	H3BL	H3BP	H4BP	L ≤ 500	L > 500 L ≤ 1000	L > 1000 L ≤ 1500	L > 1500
Distanziatore	S235JR						1	2	2	3
	X	X	X	X	X	X				
Elemento L82	S235JR			S275JR			1	1	1	2
	X	X	X	X	X	X				
Nastro a 3 onde	S235JR						1	1	2	3
	X	X	X	X	X	X				
DSM	S185		S235JR				1	1	1	2
	X	X	X	X	X	X				
Corrimano C/U	S355JR	-	S355JR				1	1	1	2
	X		X	X	X	X				
	X		X	X	X	X				
Tirante Barra	B450C	-	B450C				1	1	1	2
	X		X	X	X	X				
Tirante Posteriore	-	-	-	S275JR			1	1	1	2
				X	X	X				
Palo C (per palo da bordo ponte comprensivo di piastra e fazzoletto)	S235JR		S275JR				1	2	3	3
	X	X	X	X	X	X				
Diagonale	-	-	-	S275JR			1	1	2	2
				X	X	X				
Bulloni completi di rosette, dadi e piastri-ne	M16						2	2	3	4
	X	X	X	X	X	X				
	-	-	-	M14			2	2	3	4
				X	X	X				
	M12						2	2	3	4
	X	X	X	X	X	X				
	M10						2	2	3	4
X	X	X	X	X	X					
M6						2	2	3	4	
X	X	X	X	X	X					
Tasselli	-	-	M20	-	M20		1	1	1	2
			X		X	X				

(1) Elementi saldati direttamente al palo C e quindi ricompresi nel palo stesso



Anas S.p.A.

Via Monzambano, 10 - 00185 Roma

www.stradeanas.it



SOMMARIO

1.	PREMESSA	6
2.	BARRIERA ANTIRUMORE COMPOSTA DA PANNELLI METALLICI	7
2.1.	Caratteristiche acustiche	7
2.2.	Caratteristiche tecniche	7
3.	BARRIERA ANTIRUMORE COMPOSTA DA PANNELLI IN PLASTICA	10
3.1.	Caratteristiche acustiche	10
3.2.	Caratteristiche tecniche	10
4.	BARRIERA ANTIRUMORE COMPOSTA DA PANNELLI IN MATERIALE COMPOSITO (FRP)	11
4.1.	Caratteristiche acustiche	11
4.2.	Caratteristiche tecniche	11
5.	BARRIERA ANTIRUMORE COMPOSTA DA PANNELLI IN CALCESTRUZZO	12
5.1.	Caratteristiche acustiche	12
5.2.	Caratteristiche tecniche	13
6.	BARRIERA ANTIRUMORE COMPOSTA DA PANNELLI TRASPARENTI	14
6.1.	Caratteristiche acustiche	15
6.2.	Caratteristiche tecniche	15
7.	RIDUTTORI DI RUMORE	19
7.1.	Caratteristiche acustiche	19
7.2.	Caratteristiche tecniche	19
8.	BARRIERA INTEGRATA ANTIRUMORE E DI SICUREZZA	21
8.1.	Caratteristiche acustiche	21



8.2.	Caratteristiche tecniche.....	21
9.	RIVESTIMENTO FONOASSORBENTE DI PARETI	23
9.1.	Caratteristiche acustiche	23
9.2.	Caratteristiche tecniche.....	23
10.	MATERIALI FONOASSORBENTI.....	25
11.	ELEMENTI STRUTTURALI E MONTANTI.....	26
11.1.	Elementi strutturali metallici.....	26
11.2.	Elementi strutturali in calcestruzzo armato	26
11.3.	Elementi strutturali in pultruso	26
12.	ACCESSORI DI FISSAGGIO.....	28
13.	GUARNIZIONI E SIGILLANTI.....	28
14.	INTERVENTI DIRETTI SUI RICETTORI.....	29
15.	ACCETTAZIONE E CONTROLLI.....	29
15.1.	Accettazione	30
15.1.1.	Marchatura CE e Verifica della Costanza della Prestazione.....	31
15.1.2.	Dossier di Prodotto	33
15.2.	Controlli	33
15.2.1.	Caratteristiche acustiche - Barriere antirumore	34
15.2.2.	Caratteristiche non acustiche - Rivestimenti anticorrosivi	35
15.2.3.	Caratteristiche non acustiche - Serraggio di tirafondi e bulloni.....	35
15.3.	Laboratori accreditati.....	35
16.	MODALITÀ DI ESECUZIONE.....	36
17.	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	39



18.	NON CONFORMITÀ E SANZIONI.....	40
19.	COLLAUDO.....	41
19.1.	Collaudo delle caratteristiche non acustiche	42
19.2.	Collaudo delle caratteristiche acustiche	43
20.	GARANZIA.....	44
21.	MANUTENZIONE	44
21.1.	Contenuti ed articolazione del Piano di Manutenzione	45
21.2.	Manutenzione degli elementi acustici	46
21.3.	Manutenzione degli elementi strutturali in acciaio	47
21.4.	Manutenzione degli accessori metallici	49
21.5.	Ripristino dei danni da vandalismo.....	49
22.	APPENDICE	51
22.1.	Schema di Dichiarazione di Prestazione (Regolamento UE 305/2011).....	51
22.2.	Esempio di marcatura CE per barriera acustica	53
22.3.	Esempio di marcatura CE per barriera di sicurezza.....	54



1. **PREMESSA**

Il presente Capitolato Speciale di Appalto specifica i requisiti, le caratteristiche prestazionali, le modalità di accettazione e di controllo dei materiali che compongono i **sistemi di protezione acustica** da realizzare lungo le infrastrutture stradali della rete di competenza ANAS S.p.A. Le tipologie di materiali e strutture elencati, costituiscono l'insieme delle soluzioni tecniche che ANAS considera tecnicamente adeguate ed economicamente convenienti allo scopo. Il presente Capitolato specifica anche le prestazioni attese e le modalità di verifica della funzionalità complessiva dell'opera.

Questo implica che soluzioni alternative o innovative, sono considerate ammissibili solo quando sia dimostrabile e garantibile la parità o la superiorità ai requisiti prestazionali oltre specificati (sia acustici che non), e/o la convenienza economica per ANAS, nell'adozione del sistema innovativo.

Va sottolineato che la realizzazione di un sistema di protezione acustica è un'opera complessa, che non può considerarsi efficacemente realizzata, quand'anche siano stati rispettati tutti i requisiti di tipo geometrico, strutturale o di tipologia dei materiali.

Il sistema di protezione acustica infatti è un manufatto che ha una funzione.

Esso deve proteggere dei ricettori dal rumore stradale. Solo la verifica della corretta esecuzione della funzione assegnata permette di attribuire al manufatto la qualifica di una avvenuta corretta esecuzione.

È fondamentale quindi l'accettazione da parte dell'appaltatore dell'impianto complessivo progettuale e la comprensione e condivisione dell'obiettivo dell'opera. L'appaltatore deve prendere in carico il progetto (preliminare/definitivo o esecutivo) allegato al Bando, deve farlo suo con un impegno non limitato nella realizzazione fisica dell'opera, ma esteso al raggiungimento della sua funzionalità attesa (l'obiettivo di risanamento fissato).

L'adozione di un modello previsionale adeguato e l'esecuzione di un efficace calcolo preventivo e consuntivo dei livelli acustici attesi, è pertanto un onere dell'appaltatore, richiesto a garanzia dell'efficacia globale dell'esecuzione su strada. Ogni eventuale revisione nell'impostazione progettuale deve essere mantenuta entro i limiti del quadro economico di appalto, concordata ed approvata dalla Direzione Lavori.



Si descrivono nel seguito le varie tipologie di barriera distinte per materiale costitutivo dei pannelli. Per ciascuna tipologia, il relativo paragrafo si apre con l'elenco degli Articoli di Elenco Prezzi correlati.

2. BARRIERA ANTIRUMORE COMPOSTA DA PANNELLI METALLICI

- G.05.007.a "Barriera antirumore composta da pannelli in acciaio - Fornitura e posa in opera della barriera completa".
- G.05.007.b "Barriera antirumore composta da pannelli in acciaio - Smontaggio, fornitura e posa in opera del solo pannello".
- G.05.009.a "Barriera antirumore composta da pannelli in alluminio - Fornitura e posa in opera della barriera completa".
- G.05.009.b "Barriera antirumore composta da pannelli in alluminio - Smontaggio, fornitura e posa in opera del solo pannello".
- G.05.025.a "Barriera antirumore composta da pannelli in acciaio corten - Fornitura e posa in opera della barriera completa".
- G.05.025.b "Barriera antirumore composta da pannelli in acciaio corten - Smontaggio, fornitura e posa in opera del solo pannello".
- G.05.030.a "Smontaggio di barriera antirumore completa - Composta da pannelli in: (...); acciaio - di cui all'art. G.05.007; alluminio - di cui all'art. G.05.009; (...); acciaio corten - di cui all'art. G.05.025; ecc.".

2.1. Caratteristiche acustiche

Categoria Assorbimento acustico: **A4** (> 11 dB)

Categoria Isolamento acustico: **B3** (> 24 dB)

NOTA Massime classi prestazionali, previste dalle norme UNI EN 1793.

2.2. Caratteristiche tecniche

I **pannelli metallici** sono costituiti da una struttura scatolare (gusci) in **acciaio** (zincato o inox) o **alluminio** verniciati, ovvero in **acciaio corten**, all'interno della



quale è inserito **materiale fonoassorbente**, installati su **montanti**, dotati di **piastra di base** collegati alla fondazione mediante idonei **accessori di fissaggio**.

Tabella 1: **Caratteristiche dei gusci dei pannelli metallici.**

Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Acciaio Acciaio corten	UNI 10025-1÷6 EN 10210-1 EN 10027-1	non inferiori a quelle dell'acciaio tipo S235JR
Acciaio inox	UNI EN 10088-1	AISI 304
Acciaio - spessore minimo	-----	0,8 mm
Acciaio corten - spessore minimo	-----	10/10 mm
Lega di acciaio prezincata - tipologia minima	UNI EN 10346	DX51D
Lega di acciaio zincata - grammatura della zincatura	UNI EN 10346 UNI EN 10143	$100 \text{ g/m}^2 \leq Z \leq 275 \text{ g/m}^2$ (con garanzia di rispetto dei parametri prestazionali)
Lega di alluminio - tipologia	UNI EN 573-1	Lega Al-Mg-Mn (del gruppo 3xxx)
Lega di alluminio - spessore minimo	-----	1,2 mm



Tabella 2: **Caratteristiche dei prodotti verniciati dei pannelli metallici (escluso acciaio corten).**

Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Valutazione dello spessore del film di vernice	UNI EN ISO 2360	$\geq 60 \mu\text{m}$ (ovvero valori determinati dai parametri prestazionali)
Determinazione della brillantezza (con luce incidente a 60°)	UNI EN ISO 2813	30±5 gloss
Valutazione del grado di aderenza	UNI EN ISO 2409	Classe 0 (nessun distacco)
Valutazione della durezza (resistenza all'impronta Buchholz)	UNI EN ISO 2815	> 80
Valutazione della resistenza all'urto	UNI EN ISO 6272	Nessun distacco o fessurazione
Prova di resistenza alla corrosione accelerata Kesternich	UNI EN ISO 3231	Nessuna corrosione oltre 1 mm dall'incisione dopo 24 cicli
Determinazione della ritenzione della brillantezza	UNI EN ISO 11341	Perdita < 50% del valore iniziale
Prova di resistenza alla corrosione in camera a nebbia salina acetica	UNI ISO 9227	Dopo 1.500 h di esposizione per l'alluminio (500 h per l'acciaio zincato), l'arrugginimento e/o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 16 mm ² per un taglio di 100 mm, con un massimo di 4 mm per ogni infiltrazione. Non è ammessa altra alterazione visibile o perdita di aderenza
Determinazione della resistenza del colore	UNI EN ISO 11341	Perdita < 50% del valore iniziale
Determinazione della resistenza all'umidità	UNI EN ISO 6270-1	Dopo 1.000 ore di esposizione, nessuna formazione di bolle e penetrazione < 1 mm
Determinazione della resistenza alla corrosione filiforme	UNI EN 3665	Dopo 1.500 ore di esposizione, penetrazione < 2 mm
Determinazione della resistenza a graffi	ASTM D7089	Dopo 20 cicli di sporcamento e pulizia: nessun distacco o rigonfiamento della pittura, nessuna variazione di colore



3. BARRIERA ANTIRUMORE COMPOSTA DA PANNELLI IN PLASTICA

- G.05.029.a "Barriera antirumore composta da pannelli in plastica - Fornitura e posa in opera della barriera completa".
- G.05.029.b "Barriera antirumore composta da pannelli in plastica - Smontaggio, fornitura e posa in opera del solo pannello".
- G.05.030.a "Smontaggio di barriera antirumore completa - Composta da pannelli in: (...); plastica - di cui all'art. G.05.029".

3.1. Caratteristiche acustiche

Categoria Assorbimento acustico: **A4** (> 11 dB)

Categoria Isolamento acustico: **B3** (> 24 dB)

NOTA Massime classi prestazionali, previste dalle norme UNI EN 1793.

3.2. Caratteristiche tecniche

I **pannelli in plastica (anche riciclata)** sono costituiti da una struttura scatolare all'interno della quale è inserito materiale fonoassorbente (detto materassino, realizzato in materiale fibroso) installati su **montanti**, dotati di **piastra di base** collegati alla fondazione mediante idonei **accessori di fissaggio**.

Tabella 3: **Proprietà degli elementi acustici in plastica (anche riciclata).**

Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Massa volumica	ISO 1183-1	$800 \text{ kg/m}^3 \leq M_{va} \leq 1200 \text{ kg/m}^3$
Trazione - carico a snervamento	UNI EN ISO 527-2	Da > 38 N/mm ² a < 60 N/mm ²
Trazione - modulo elastico	UNI EN ISO 527-2	Da 2.200 N/mm ² a 2.400 N/mm ²
Resilienza - Izod con intaglio a 23 °C	UNI EN ISO 180:2009	Da 130 J/m a 250 J/m
Resilienza - Charpy con intaglio a 23 °C	UNI EN ISO 179-1	Da > 8 kJ/m ² a < 20 kJ/m ²
Temperatura di rammollimento - Vicat B50 (50 N)	UNI EN ISO 306	Da 90 °C a 110 °C



4. BARRIERA ANTIRUMORE COMPOSTA DA PANNELLI IN MATERIALE COMPOSITO (FRP)

- **G.05.019.a** "Barriera antirumore composta da pannelli in materiale composito (FRP) - Fornitura e posa in opera della barriera completa".
- **G.05.019.b** "Barriera antirumore composta da pannelli in materiale composito (FRP) - Smontaggio, fornitura e posa in opera del solo pannello".
- **G.05.030.a** "Smontaggio di barriera antirumore completa - Composta da pannelli in: (...); FRP - di cui all'art. G.05.019; ecc.".

4.1. Caratteristiche acustiche

Categoria Assorbimento acustico: **A4** (> 11 dB)

Categoria Isolamento acustico: **B3** (> 24 dB)

NOTA Massime classi prestazionali, previste dalle norme UNI EN 1793.

4.2. Caratteristiche tecniche

I **pannelli in materiale composito FRP** (*Fiber Reinforced Polymers*) a matrice polimerica sono costituiti da una struttura scatolare in materiale composito, **prodotto attraverso un processo di pultrusione**, all'interno della quale è inserito materiale fonoassorbente (detto materassino, realizzato in materiale fibroso) installati su **montanti**, dotati di **piastra di base** collegati alla fondazione mediante idonei **accessori di fissaggio**.

Tabella 4: **Proprietà degli elementi acustici in materiale composito FRP.**

Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Massa volumica	ISO 1183-1	$\geq 1.800 \text{ kg/m}^3$
Assorbimento igroscopico	UNI EN ISO 62	< 0,30%
Modulo elastico a trazione assiale	UNI EN ISO 527-4	$\geq 20 \text{ GPa}$
Resistenza a rottura a trazione assiale	UNI EN ISO 527-4	$\geq 200 \text{ MPa}$
Modulo elastico a flessione	UNI EN ISO 14125	$\geq 20 \text{ GPa}$



Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Resistenza a rottura a flessione assiale	UNI EN ISO 14125	≥ 200 MPa
Resistenza al taglio interlaminare assiale	UNI EN ISO 14130	≥ 20 MPa
Rigidità dielettrica	CEI EN 60243	≥ 5 kV/mm
Resistività superficiale	IEC 60093	$> 1 \times 10^{12}$ Ω
Temperatura di lavoro	----	da -40 °C a +100 °C
Resistenza agli UV	UNI EN ISO 11507	Meccanicamente stabile
Determinazione della resistenza a graffi	ASTM D7089	Dopo 20 cicli di sporco e pulizia: nessun distacco o rigonfiamento della pittura, nessuna variazione di colore

5. BARRIERA ANTIRUMORE COMPOSTA DA PANNELLI IN CALCESTRUZZO

- **G.05.011.a** "Barriera antirumore composta da pannelli fonoisolanti in calcestruzzo - Fornitura e posa in opera della barriera completa".
- **G.05.011.b** "Barriera antirumore composta da pannelli fonoisolanti in calcestruzzo - Smontaggio, fornitura e posa in opera del solo pannello".
- **G.05.013.a** "Barriera antirumore composta da pannelli fonoassorbenti/fonoisolanti in calcestruzzo - Fornitura e posa in opera della barriera completa".
- **G.05.013.b** "Barriera antirumore composta da pannelli fonoassorbenti/fonoisolanti in calcestruzzo - Smontaggio, fornitura e posa in opera del solo pannello".
- **G.05.030.a** "Smontaggio di barriera antirumore completa - Composta da pannelli in: (...); calcestruzzo - di cui all'art. G.05.011/G.05.013; ecc.".

5.1. Caratteristiche acustiche

Per le barriere con sola funzione fonoisolante:

Categoria Isolamento acustico: **B3** (> 24 dB)



Per le barriere con funzione fonoassorbente/fonoisolante:

Categoria Assorbimento acustico: A4 (> 11 dB)

Categoria Isolamento acustico: B3 (> 24 dB)

NOTA Massime classi prestazionali, previste dalle norme UNI EN 1793.

5.2. Caratteristiche tecniche

I **pannelli in calcestruzzo** da utilizzare come barriere antirumore sono generalmente costituiti da uno strato portante in cls armato che ne assicura le proprietà strutturali a cui è abbinato uno strato poroso (granuli di argilla espansa o lapillo vulcanico o impasto di cemento e fibra di legno mineralizzata) che ne assicura le proprietà fonoassorbenti.

Nei pannelli a due strati, questi sono abbinati in fase di getto (fresco su fresco) in modo da assicurare l'omogeneità del pannello e la contemporaneità del fenomeno di presa. Alternativamente, è prevista la produzione di moduli prefabbricati fonoassorbenti in materiale poroso alleggerito (granuli di argilla espansa o lapillo vulcanico o impasto di cemento e fibra di legno mineralizzata), che si applicano sullo strato in calcestruzzo armato o in fase di getto o con tasselli meccanici.

Qualora siano richieste esclusivamente proprietà fonoisolanti (ad esempio, nel caso di pannello in calcestruzzo utilizzato come base per la barriere antirumore soprastanti), il pannello può essere realizzato con un unico strato in cls armato.

La barriera è installata su **montanti**, dotati di **piastra di base** collegata alla fondazione mediante idonei **accessori di fissaggio**.

Relativamente ai **pannelli in calcestruzzo** lo **strato portante**, che ne assicura le proprietà fono isolanti, dovrà essere di **spessore minimo pari a 8 cm** e di **classe $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$** .



Tabella 5: Proprietà dei principali elementi in materiale poroso presenti nei pannelli di calcestruzzo.

Materiale	Norma di riferimento	Requisiti aggiuntivi
Fibre di legno mineralizzato	UNI EN 14774	Densità minima: 500 kg/mc Requisiti legati alla natura del materiale inorganico
Legno e cemento	UNI EN 15498	Resistenza all'azione della pioggia e del gelo
Argilla espansa in granuli	UNI EN 13055-1 UNI EN 7548-2 UNI EN 12390-1	Requisiti conglomerato di argilla espansa di tipo non strutturale (conglomerato cementizio di tipo non strutturale)
	UNI EN 13055-1 UNI EN 772-13 UNI EN 12390-1	Requisiti elementi vibrocompressi fonoassorbenti in calcestruzzo di argilla espansa solidarizzati ad una struttura portante
Inerte naturale di lapillo vulcanico o pomice	UNI EN 13055-1 UNI EN 12390-1	Requisiti conglomerati cementizi non strutturali
	UNI EN 13055-1 UNI EN 12390-1	Requisiti elementi vibrocompressi da solidarizzare ad una struttura portante in calcestruzzo o metallo

L'eventuale **colorazione** dello strato fonoassorbente, deve essere realizzata con pigmentazione nell'impasto e non mediante verniciatura superficiale.

Oltre alle tipologie di pannelli sopra descritti, è anche ammesso l'impiego di **pannelli in calcestruzzo alleggeriti**, nel pieno rispetto dei requisiti prestazionali e di durabilità, che possono essere realizzati secondo le varianti di seguito elencate:

- sostituzione del supporto portante in calcestruzzo armato con guscio metallico dotato di idonea protezione alla corrosione, in conformità a quanto prescritto nel precedente **Paragrafo 2 BARRIERA ANTIRUMORE COMPOSTA DA PANNELLI METALLICI** del presente Capitolato;
- pannelli in calcestruzzo alleggerito di tipo strutturale, la cui armatura interna è realizzata con idonea rete metallica protetta alla corrosione;
- pannelli autoportanti in calcestruzzo cellulare aerato, comprensivi di armatura trattata contro la corrosione.

6. BARRIERA ANTIRUMORE COMPOSTA DA PANNELLI TRASPARENTI



- **G.05.015.a** “Barriera antirumore composta da pannelli trasparenti in PMMA fonoisolanti - Fornitura e posa in opera della barriera completa”.
- **G.05.015.b** “Barriera antirumore composta da pannelli trasparenti in PMMA fonoisolanti - Smontaggio, fornitura e posa in opera del solo pannello”.
- **G.05.XXX.a** “Barriera antirumore composta da pannelli trasparenti in policarbonato fonoisolanti - Fornitura e posa in opera della barriera completa”.
- **G.05.XXX.b** “Barriera antirumore composta da pannelli trasparenti in policarbonato fonoisolanti - Smontaggio, fornitura e posa in opera del solo pannello”.
- **G.05.XXX.a** “Barriera antirumore composta da pannelli trasparenti fonoassorbenti/ fonoisolanti - Fornitura e posa in opera della barriera completa”.
- **G.05.XXX.b** “Barriera antirumore composta da pannelli trasparenti fonoassorbenti/ fonoisolanti - Smontaggio, fornitura e posa in opera del solo pannello”.
- **G.05.030.b** “Smontaggio di barriera antirumore completa - Composta da pannelli trasparenti di cui all’art. G.05.015-G.05.XXX-G.05.XXX”.

6.1. Caratteristiche acustiche

Per le barriere con sola funzione fonoisolante:

Categoria Isolamento acustico: B3 (> 24 dB)

Per le barriere con funzione fonoassorbente/fonoisolante:

Categoria Assorbimento acustico: A4 (> 11 dB)

Categoria Isolamento acustico: B3 (> 24 dB)

NOTA Massime classi prestazionali, previste dalle norme UNI EN 1793.

6.2. Caratteristiche tecniche

I pannelli trasparenti possono essere realizzati:



- in **polimetilmetacrilato (PMMA)** di tipo colato o estruso, con sola funzione fonoisolante;
- in **policarbonato** di tipo coestruso, con sola funzione fonoisolante;
- in **lastre accoppiate** con funzione fonoassorbente/fonoisolante di cui una piena (portante/fonoisolante) accoppiata ad una forata che ne assicura le proprietà fonoassorbenti;

I pannelli trasparenti sono racchiusi in una **cornice** metallica di bloccaggio zincata e verniciata, con le opportune **guarnizioni** in gomma EPDM, installati su **montanti**, dotati di **piastra di base** collegati alla fondazione mediante idonei **accessori di fissaggio**.

Relativamente ai pannelli in **PMMA**, il materiale impiegato deve essere conforme alla Norma UNI EN ISO 7823-1 (se di tipo colato), o alla Norma UNI EN ISO 7823-2 (se di tipo estruso).

Tabella 6 Proprietà degli elementi acustici costituiti da pannelli in polimetilmetacrilato (PMMA).

Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Spessore		Minimo 15 mm
Massa volumica	ISO 1183-1	$\geq 1.150 \text{ kg/m}^3$
Assorbimento d'acqua	UNI EN ISO 62 Metodo 1 (24h, 23°C)	$\leq 0,5 \%$
Resistenza a flessione	UNI EN ISO 178	$\geq 100 \text{ MPa}$
Resistenza a trazione	UNI ISO 527-2/1B/50	$\geq 65 \text{ MPa}$
Resistenza a trazione dopo invecchiamento	UNI EN ISO 527-2/1B/50	$\geq 60 \text{ MPa}$
Modulo elastico a flessione	UNI EN ISO 178	$\geq 3.000 \text{ MPa}$
Modulo elastico a trazione	UNI EN ISO 527-2/1B/1	$\geq 3.000 \text{ MPa}$
Modulo elastico a trazione dopo invecchiamento	UNI EN ISO 527-2/1B/1	$\geq 2.800 \text{ MPa}$
Resistenza all'urto Izod con intaglio	UNI EN ISO 180	$\geq 1,5 \text{ kJ/m}^2$
Resistenza all'urto Charpy senza intaglio	UNI EN ISO 179-1/1fU	$\geq 10 \text{ kJ/m}^2$
Temperatura di rammollimento Vicat	UNI EN ISO 306 (Metodo B50)	$\geq 95^\circ\text{C}$
Coefficiente di dilatazione termica lineare	UNI 6061	$\leq 8 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
Fattore di trasmissione luminosa totale	UNI EN ISO 13468-1	$\geq 90\%$



Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Fattore di trasmissione luminosa a 420 nm - prima dell'esposizione - dopo l'esposizione alla lampada allo Xenon	UNI EN ISO 13468-1 UNI EN ISO 4892-2 (per 1.000 h)	≥ 90% ≥ 88%
Tensione ammessa sul materiale (fino a 40°C)	-----	≤ 7 N/mm ²
Determinazione della resistenza a graffiti	ASTM D7089	Dopo 20 cicli di sporco e pulizia: nessun distacco o rigonfiamento della pittura, nessuna variazione di colore

Relativamente ai pannelli in polycarbonato la protezione agli ultravioletti (UV) sarà ottenuta mediante l'applicazione di film di protezione ai raggi UV su entrambi i lati.

Tabella 7: Proprietà degli elementi acustici costituiti da pannelli in polycarbonato.

Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Spessore		Minimo 12 mm
Massa volumica	UNI EN ISO 1183-2	≥ 1.000 kg/m ³
Assorbimento d'acqua	UNI EN ISO 62 Metodo 1(24 h, 23°C)	≤ 16%
Resistenza a trazione	UNI EN ISO 527-2/1B/50	≥ 60 MPa
Resistenza a trazione dopo invecchiamento	UNI EN ISO 527-2/1B/50	≥ 55 MPa
Modulo elastico a trazione	UNI EN ISO 527-2/1B/1	≥ 2.200 MPa
Modulo elastico a trazione dopo invecchiamento	UNI EN ISO 527-2/1B/1	≥ 2.000 MPa
Resistenza all'urto Charpy con intaglio	UNI EN ISO 179-1	≥ 6 kJ/m ²
Temperatura di rammollimento Vicat	UNI EN ISO 306 (Metodo B50)	≥ 145°C
Coefficiente di dilatazione termica lineare	UI 6061	≤ 6,5 · 10 ⁻⁵ °C ⁻¹
Fattore di trasmissione luminosa a 420 nm - prima dell'esposizione - dopo l'esposizione alla lampada allo Xenon	UNI EN ISO 13468-1 UNI EN ISO 4892-2 (per 1.000 h)	≥ 85% ≥ 82%
Tensione ammessa sul materiale (fino a 40°C)	-----	≤ 10 N/mm ²



Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Determinazione della resistenza a graffi	ASTM D7089	Dopo 20 cicli di sporco e pulizia: nessun distacco o rigonfiamento della pittura, nessuna variazione di colore

Relativamente ai pannelli in **lastre accoppiate**, la lastra **piena** (lato ricettore, con funzione strutturale e di fonoisolamento del manufatto) può essere realizzata in PMMA o in policarbonato, mentre quella **forata** (lato sorgente, con funzione di fonoassorbimento del pannello) deve essere realizzata in PMMA. Le caratteristiche sono le stesse delle lastre singole sopra esposte. Viene escluso l'impiego di altri materiali.

NOTA Per la sola verifica dell'**assorbimento d'acqua**, le provette sono quadrate, di lato pari a 50 mm e di spessore pari a 3 mm (vedere UNI EN ISO 62).

NOTA Relativamente al solo PMMA per la verifica delle caratteristiche ottiche relative al **fattore di trasmissione luminosa totale**, le provette sono incolori e di spessore pari a 3 mm (UNI EN ISO 7823-1 e UNI EN ISO 7823-2).

Le **guarnizioni e sigillanti** da impiegare a contatto con le lastre trasparenti (sia in PMMA che in policarbonato) devono avere i requisiti specificati nel **Paragrafo 13 GUARNIZIONI E SIGILLANTI**.

Le lastre trasparenti (in PMMA, policarbonato e lastre accoppiate) devono resistere ai carichi dinamici e statici, secondo quanto richiesto dalla Norma UNI EN 1794-1 (Appendice A).

Nel **fissaggio** delle lastre trasparenti (in PMMA, in policarbonato ed in lastre accoppiate) si devono seguire i seguenti criteri:

- devono essere inserite nel telaio, compresa la guarnizione in EPDM, per una profondità tale da evitare l'uscita delle lastre per effetto della deformazione;
- devono potersi dilatare o ritirare in funzione della temperatura;
- non è ammesso l'impiego di siliconi;
- lo spessore deve essere determinato in funzione dei carichi dinamici e statici richiesti, delle dimensioni delle lastre, del tipo di fissaggio previsto e della tensione ammessa sul materiale.

NOTA Nel caso di **installazione in posizione critiche** di lastre trasparenti, ove la caduta di frammenti a seguito di urto accidentale possa arrecare danno agli



utenti della strada o a terzi, è previsto l'impiego di materiale rinforzato con armatura interna e/o di adeguato spessore e testato secondo norma UNI EN 1794-2 (Appendice B), ovvero di altre soluzioni idonee.

NOTA La **verifica delle caratteristiche fonoassorbenti** dei pannelli realizzati con **lastre accoppiate** deve essere effettuata con **metodo di misura ad incidenza diretta** (Norma CEN TS 1793-5), raccomandato per le barriere antirumore installate in campo libero.

7. RIDUTTORI DI RUMORE

- **G.05.034.a** "Diffratore acustico - Fornitura e posa in opera di dispositivo antidiffrativo".
- **G.05.034.b** "Diffratore acustico - Smontaggio diffratore acustico".

7.1. Caratteristiche acustiche

Per il diffratore acustico:

Categoria Isolamento acustico: B3 (> 24 dB)

Per l'assorbitore acustico:

Categoria Assorbimento acustico: A4 (> 11 dB)

NOTA Massime classi prestazionali, previste dalle norme UNI EN 1793.

7.2. Caratteristiche tecniche

I **riduttori di rumore** possono essere posti in aggiunta barriere, allo scopo di migliorarne l'efficienza acustica. Questi possono essere di due tipologie:

- il **diffratore acustico**, dispositivo **installato sul bordo superiore** di una qualsiasi tipologia di barriera antirumore, allo scopo di attenuare l'energia sonora che si propaga dal bordo al di là dello schermo (fenomeno della diffrazione).
- gli **assorbitori acustici**, sono degli elementi lineari che possono essere **applicati sulle pareti** delle barriere allo scopo di migliorarne le proprietà di assorbimento ed isolamento acustico.



Tali manufatti possono essere realizzati in **varie forme** (circolare, ellittica ottagonale, ecc.) e sono generalmente costituiti da una **struttura metallica in lamiera** (acciaio zincato, inox o alluminio) esternamente forata ed all'interno della quale è inserito apposito **materiale fonoassorbente** (materassino, realizzato in materiale fibroso).

Sono montati mediante l'utilizzo di idonei **accessori di fissaggio** metallici (selle, collari, ecc.) adeguatamente zincati e verniciati.

Gli assorbitori acustici sono applicati ad una distanza di almeno 3 cm dal pannello della barriera fonoassorbente, mediante l'utilizzo di idonea staffatura.

Per le caratteristiche delle lamiere, dei materiali fonoassorbenti e degli accessori di fissaggio, si rimanda alle indicazioni riportate, rispettivamente, nei **Paragrafi 2 BARRIERA ANTIRUMORE COMPOSTA DA PANNELLI METALLICI, 10 MATERIALI FONOASSORBENTI, 0**



ELEMENTI STRUTTURALI E MONTANTI e 12 ACCESSORI DI FISSAGGIO.

8. BARRIERA INTEGRATA ANTIRUMORE E DI SICUREZZA

- **G.05.040.a** "Fornitura e posa di barriera integrata antirumore e di sicurezza - H2 avente altezza minima di 3,00 m".
- **G.05.040.b** "Fornitura e posa di barriera integrata antirumore e di sicurezza - H2 avente altezza minima di 5,00 m".
- **G.05.040.c** "Fornitura e posa di barriera integrata antirumore e di sicurezza - H4 avente altezza minima di 3,00 m".
- **G.05.040.d** "Fornitura e posa di barriera integrata antirumore e di sicurezza - H4 avente altezza minima di 5,00 m".

8.1. Caratteristiche acustiche

Categoria Assorbimento acustico: **A4** (> 11 dB)

Categoria Isolamento acustico: **B3** (> 24 dB)

NOTA Massime classi prestazionali, previste dalle norme UNI EN 1793.

8.2. Caratteristiche tecniche

La **barriera integrata** è in grado di assolvere contemporaneamente alla funzione di barriera antirumore e di barriera di sicurezza, utile quando lo spazio a disposizione non permetta di installare separatamente le due barriere.

Può essere **monoassorbente** o **biassorbente** (laddove la funzione acustica sia richiesta da entrambe i lati della barriera; es.: spartitraffico).

Caratteristiche di **sicurezza**: contenimento **H2** o **H4**; livello di larghezza operativa compatibile con la sezione trasversale del corpo stradale, nel rispetto della normativa vigente.

Si distinguono essenzialmente le due seguenti **tipologie**:

- **ancorata su fondazione**, realizzate con elementi di sicurezza in metallo o CLS ed elementi antirumore con struttura e pannelli metallici; si compone dei seguenti **elementi**:
 - barriera di sicurezza a nastro e paletti o a muretto, preferibilmente di tipo continuo;



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.23 - Rev. 1.0
Sistemi di protezione acustica

- struttura di sostegno in acciaio zincato a caldo e verniciato, secondo le indicazioni riportate nel **Paragrafo 0**



- ELEMENTI STRUTTURALI E MONTANTI del presente Capitolato;
- pannellatura acustica realizzata in calcestruzzo, ovvero con elementi metallici (in acciaio zincato, inox, corten o in alluminio);
- ferramenta a vista in acciaio zincato e accessori di fissaggio alla fondazione (tirafondi, bulloneria, ecc.) in acciaio zincato a caldo.
- di tipo “autostabile” (non ancorata a fondazione), realizzate con elementi di sicurezza in metallo o calcestruzzo (tipo a muretto, caratterizzati dalla assenza di fissaggi a terra e/o a fondazioni - con esclusione degli elementi speciali e terminali) ed elementi antirumore in calcestruzzo rivestiti di elementi fonoassorbenti; si compone dei seguenti **elementi**:
 - barriera di sicurezza a nastro e paletti o a muretto;
 - barriera antirumore realizzata con uno qualsiasi degli elementi sopra descritti e composta da una parte anche solo fonoisolante alla base (di altezza circa 1 m) e da una parte fonoisolante-fonoassorbente, fino alla sommità.

NOTA L'insieme degli elementi costituenti la barriera integrata antirumore-sicurezza deve essere provvisto di **Marcatura CE**, secondo la Norma UNI EN 1317; tale marcatura si sottolinea riferita all'intero insieme barriera antirumore e barriera di sicurezza.

Per le caratteristiche delle **barriere integrate** si rinvia alle specifiche del presente Capitolato per quanto concerne i “Sistemi di protezione acustica” ed al Capitolato Speciale di Appalto di ANAS S.p.A. - IT.CDGT.05.24 - per quanto concerne i “Dispositivi di sicurezza stradali”.

9. RIVESTIMENTO FONOASSORBENTE DI PARETI

- **G.05.036** “Fornitura e posa in opera di rivestimento fonoassorbente di pareti”.

9.1. Caratteristiche acustiche

Categoria Assorbimento acustico: **A3** (da 8 a 11 dB)

NOTA In base alla classe prestazionale, prevista dalle norme UNI EN 1793.

9.2. Caratteristiche tecniche



Il rivestimento fonoassorbente di pareti consiste nella posa in opera di **pannelli di dimensioni modulari $\geq 50 \times 50$ cm con spessore complessivo ≥ 100 mm** dotati di **guarnizioni** in EPDM espanso adesiva da posizionare sul lato posteriore del pannello longitudinalmente. I pannelli possono essere:

- **metallici**, ottenuti con elementi in lamiera (di acciaio zincato, acciaio inox o alluminio) forata, di forma grecata o ondulata, atti a conferire idonea resistenza meccanica al sistema all'interno del quale è inserito apposito **materiale fonoassorbente** (materassino, realizzato in materiale fibroso). Per le caratteristiche tecniche si rimanda ai **Paragrafi 2 BARRIERA ANTIRUMORE COMPOSTA DA PANNELLI METALLICI e 10 MATERIALI FONOASSORBENTI** del presente Capitolato;
- **di tipo cementizio**, ottenuti con moduli prefabbricati in argilla espansa strutturale, ovvero con impasto di cemento e fibra di legno mineralizzato. Per le caratteristiche tecniche si rimanda al **Paragrafo 5 BARRIERA ANTIRUMORE COMPOSTA DA PANNELLI IN CALCESTRUZZO**.

L'**ancoraggio** delle due diverse tipologie di pannelli di rivestimento sopra descritte alla parete avviene mediante l'utilizzo di **viti e tasselli** inox AISI 306 o 316 (chimici o meccanici) del **diametro minimo 10 mm**, eventualmente con la realizzazione di una idonea sottostruttura metallica. Per le caratteristiche tecniche si rimanda ai **Paragrafi 0**



ELEMENTI STRUTTURALI E MONTANTI e 12 ACCESSORI DI FISSAGGIO.

La principale applicazione dei rivestimenti riguarda i **tratti di imbocco delle gallerie**, per l'attenuazione dell'onda sonora generata dal transito dei veicoli (c.d. effetto tunnel acustico). Essi possono essere installati anche sui muri in trincea, per minimizzare il fenomeno delle riflessioni acustiche multiple.

NOTA Per i rivestimenti delle pareti in galleria, i pannelli devono anche soddisfare i requisiti illuminotecnici previsti in fase progettuale. Nella parte superiore essi potranno essere sagomati per alloggiare i corpi illuminanti, l'appoggio dei cavi di alimentazione e tutte le apparecchiature previste.

10. MATERIALI FONOASSORBENTI

I dispositivi antirumore realizzati con strutture scatolari (quali barriere, diffrattori, ecc.) contengono, al loro interno, **materiali fonoassorbenti**. Generalmente: lana di roccia, lana di vetro o fibre di poliestere. Di seguito le caratteristiche di interesse.

Tabella 8: **Caratteristiche dei materiali fonoassorbenti.**

Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Diametro medio delle fibre	UNI 6484	> 6 μm
Massa volumica apparente	UNI 6485	Lana di roccia: $\geq 70 \text{ kg/m}^3$ Lana di vetro: $\geq 40 \text{ kg/m}^3$ Fibre di poliestere: $\geq 30 \text{ kg/m}^3$
Grado di igroscopicit�	UNI 6543 (Tempo di prova: 1 giorno)	< 0.2% in volume
Classe di reazione al fuoco	EN 13501-1:2007 (Solo per prodotti installati in galleria)	Contributo al fuoco: A1 e A2 (non combustibili) Densit� dei fumi: s1 (assenza di fumi) Gocce incandescenti: d0 (assenza di gocce entro 600s)



11. ELEMENTI STRUTTURALI E MONTANTI

11.1. Elementi strutturali metallici

I **montanti e le piastre di base** metallici possono essere realizzati con **profilati aperti** o **cavi** realizzati in acciaio zincato a caldo e verniciato o corten con le seguenti caratteristiche.

Tabella 9 Caratteristiche dei montanti e delle piastre di base in acciaio.

Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Acciaio - profilati aperti Acciaio - profilati cavi	UNI 10025-1÷6 EN 10210-1	non inferiori al tipo S235JR
Zincatura a caldo	UNI EN 1461 UNI EN 14713	≥ 80 µm previo ciclo di sabbiatura SA21/2, ovvero trattamento di decapaggio chimico

La **verniciatura** deve essere effettuata (rif. **Tabella 2**) mediante applicazione di:

- **mano di fondo** a base di pittura epossidica al fosfato di zinco, di spessore ≥ 60 µm;
- **mano di copertura** a base di pittura poliuretanica, di spessore ≥ 60 µm.

NOTA Lo spessore minimo locale della protezione complessiva, compreso lo spessore della zincatura, deve essere di almeno 200 µm. Lo strato di protezione dovrà essere esente da difetti (es.: soffiature, bolle di fusione, macchie, scalfitture, pori, parti non zincate, ecc.).

11.2. Elementi strutturali in calcestruzzo armato

Gli **elementi strutturali in calcestruzzo armato** devono soddisfare tutti i requisiti specificati al precedente **Paragrafo 5 BARRIERA ANTIRUMORE COMPOSTA DA PANNELLI IN CALCESTRUZZO** e devono essere predisposti per l'ancoraggio degli elementi acustici.

NOTA Nel caso di soluzioni in cemento armato precompresso, deve essere adottato il sistema che prevede l'ancoraggio delle barre di precompressione in corrispondenza delle testate.

11.3. Elementi strutturali in pultruso



Per quanto riguarda gli **elementi strutturali in pultruso**, devono essere verificate le seguenti specifiche.

Tabella 10: **Proprietà degli elementi strutturali in pultruso.**

Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento (o dichiarazione)
Massa volumica	ISO 1183-1	$\geq 1.800 \text{ kg/m}^3$
Assorbimento igroscopico	UNI EN ISO 62	$< 0,30\%$
Modulo elastico a trazione assiale	UNI EN ISO 527-4	$\geq 23 \text{ GPa}$
Modulo elastico a trazione trasversale	UNI EN ISO 527-4	$\geq 7 \text{ GPa}$
Resistenza a rottura a trazione assiale	UNI EN ISO 527-4	$\geq 240 \text{ Mpa}$
Resistenza a rottura a trazione trasversale	UNI EN ISO 527-4	$\geq 50 \text{ Mpa}$
Modulo elastico a flessione	UNI EN 13706-2	$\geq 23 \text{ GPa}$
Resistenza a rottura a flessione assiale	UNI EN ISO 14125	$\geq 240 \text{ Mpa}$
Resistenza a rottura a flessione trasversale	UNI EN ISO 14125	$\geq 100 \text{ Mpa}$
Resistenza al taglio interlaminare assiale	UNI EN ISO 14130	$\geq 25 \text{ GPa}$
Rigidità dielettrica	CEI EN 60243	$\geq 5 \text{ kV/mm}$
Resistività superficiale	UNI 4288	$> 1 \times 10^{12} \Omega$
Temperatura di lavoro	-----	da $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ a $+100 \text{ }^\circ\text{C}$
Resistenza agli UV	UNI EN ISO 11507	Meccanicamente stabile
Composizione della matrice polimerica	UNI EN 13706-1	Dichiarare come richiesto dalla norma
Composizione delle fibre di rinforzo	UNI EN 13706-1	Dichiarare come richiesto dalla norma
Tipo di finitura (trattamento addizionale)	UNI EN 13706-1	Dichiarare come richiesto dalla norma
Determinazione della resistenza a graffiti	ASTM D7089	Dopo 20 cicli di sporco e pulizia: nessun distacco o rigonfiamento della pittura, nessuna variazione di colore



12. ACCESSORI DI FISSAGGIO

Tutti gli **accessori metallici** (viti, dadi, rivetti, rondelle elastiche, distanziatori, tirafondi, ecc.) devono essere in acciaio inossidabile AISI 306 o AISI 316, ovvero in acciaio adeguatamente protetto alla corrosione.

Tabella 12: **Caratteristiche degli accessori di fissaggio.**

Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Materiale		Acciaio inossidabile AISI 306 o AISI 316
Tirafondi	UNI EN 10263	
Bulloni	UNI 6485	Classe 8.8
Dadi	UNI ENV 1993-1-1	Classe 8.8
Viti	UNI EN 20898-2 UNI EN 20898-7	Classe di resistenza 8.8

13. GUARNIZIONI E SIGILLANTI

Le caratteristiche fonoisolanti del sistema barriera sono garantite dall'impiego di idonee **guarnizioni e sigillanti** tra i diversi materiali e componenti a contatto, come ad esempio tra pannello e pannello, pannello e montante, pannello e cordolo di fondazione.

Le **guarnizioni** da impiegare a contatto con il materiale trasparente (PMMA e policarbonato), i pannelli in calcestruzzo, ecc., devono avere i requisiti di seguito riportati:

- essere realizzate in **EPDM**, con durezza compresa tra 65 e 75 shores;
- essere compatibili con il materiale trasparente (vale a dire che, durante la vita di servizio, non devono rilasciare prodotti chimici che aggrediscano chimicamente il materiale trasparente);
- avere forma tale da evitare che fuoriescano durante la vita di servizio e, internamente, avere una geometria tale da consentire la dilatazione ed il ritiro dei pannelli in materiale trasparente

NOTA Per il **fissaggio del PMMA e del policarbonato** non è ammesso l'impiego di siliconi.



Tabella 13: **Proprietà delle guarnizioni.**

Caratteristica	Metodo di prova	Valore minimo di riferimento
Durezza	UNI EN ISO 868	70 ± 5 Shore A/3
Carico di rottura minimo	UNI 6065	10 Mpa
Allungamento a rottura	UNI 6065	300%

Tabella 14: **Variazioni tollerate dei requisiti delle guarnizioni dopo invecchiamento termico** (sette giorni alla temperatura di 70°C, in conformità alla Norma UNI ISO 188).

Caratteristica	Metodo di prova	Valore massimo della variazione
Durezza	UNI EN ISO 868	± 3 Shore A/3
Carico di rottura minimo	UNI 6065	± 5%
Allungamento a rottura	UNI 6065	± 15%

14. INTERVENTI DIRETTI SUI RICETTORI

Qualora non si raggiungano gli obiettivi di risanamento prefissati, con l'adozione di tutti i possibili interventi di cui sopra, potranno essere adottati provvedimenti di protezione acustica in corrispondenza degli edifici, ricorrendo per esempio all'utilizzo di finestre antirumore autoventilate, ovvero ad altre opere di isolamento applicate ai ricettori. Tale soluzione potrà essere autorizzata dalla DL su proposta specifica dell'appaltatore, che si impegna in tal caso a progettare e realizzare lo specifico intervento, una volta raccolto il consenso delle parti interessate.

15. ACCETTAZIONE E CONTROLLI

Le caratteristiche dei specificate nei precedenti Paragrafi sono condizioni necessarie ma non sufficienti per l'accettazione in quanto comunque subordinata alle prestazioni complessive dei **sistemi di protezione acustica** e non a quella dei singoli materiali.

NOTA Qualora si preveda l'utilizzo di sistemi realizzati con **materiali diversi** da quelli su esposti, devono essere forniti tutti i dati necessari per il loro controllo, relativamente alle prestazioni acustiche, non acustiche e di durabilità, nonché la



casistica (se presente) delle situazioni in cui siano stati già utilizzati, corredata delle attestazioni di soddisfazione delle Stazioni Appaltanti.

La valutazione di conformità dei sistemi oggetto del presente Capitolato si articola nelle seguenti due fasi:

- **accettazione** dei sistemi di protezione acustica mediante recepimento della **Dichiarazione di Prestazione (DoP)** e della corrispondente attestazione di **Marcatura CE** e del **Dossier di Prodotto**. In allegato è riportato il fac-simile della DoP come da Regolamento UE 305/2011;
- **controlli** da effettuare in corso d'opera (in riferimento alle norme UNI EN 14388, UNI EN 14389-1 e 2, UNI EN 1794-1 e 2, che specificano le caratteristiche prestazionali dei sistemi di protezione acustica per infrastrutture stradali, nonché i metodi di prova delle loro caratteristiche acustiche e non acustiche).

15.1. Accettazione

Per quanto riguarda l'**accettazione** del materiale da parte della **Direzione Lavori**, oltre che alle dichiarazioni di accompagnamento delle partite prodotte in qualità dal fornitore, si farà riferimento ai dati di seguito riportati:

- disegni progettuali
- dichiarazioni di prestazione (attestazione di marcatura CE)
- Dossier di Prodotto
- rapporti di Prova
- manuale di installazione
- manuale di manutenzione

Il **produttore** è tenuto a fornire la dichiarazione di prestazione del sistema antirumore (**Marcatura CE** secondo la Norma armonizzata UNI EN 14388), inclusa ogni variazione alla configurazione proposta, in fase di offerta del sistema. Tale dichiarazione sarà vincolante e verrà allegata ai documenti contrattuali.

Pertanto, i produttori devono essere in possesso dei rapporti di prova rilasciati da laboratori certificati su campioni effettivamente rappresentativi di ogni singolo prodotto a **Marcatura CE**, per il quale si prevede l'installazione nel sistema antirumore proposto.



Oltre all'attestato di **Marcatura CE**, il produttore deve raccogliere tutta la documentazione relativa alla fornitura in un apposito **Dossier di Prodotto**, che dovrà contenere tutte le informazioni geometriche (elaborati grafici compresi) e le certificazioni del prodotto proposto in fase di gara; tale dossier costituirà elemento di riferimento per ogni prova e verifica eseguita in corso d'opera e/o in fase di collaudo.

NOTA L'**accettazione di valori in deroga** a quelli specificati è subordinata alla dichiarazione, nel Dossier di Prodotto, di adeguate garanzie di tipo prestazionale, che saranno quindi soggette a verifica da parte della Direzione Lavori.

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
MARCATURA CE	<ul style="list-style-type: none">✓ conformità delle prestazioni connesse alla loro funzione (proprietà acustiche intrinseche);✓ proprietà strutturali, di sicurezza e compatibilità ambientale (proprietà non acustiche);✓ mantenimento nel tempo delle prestazioni dichiarate.
ACCETTAZIONE DEL SISTEMA ANTIRUMORE	<ul style="list-style-type: none">✓ disegni progettuali;✓ dichiarazioni di prestazione (marcatura CE);✓ dossier di prodotto (certificati delle marcature ce rilasciate dai vari laboratori relative a tutti gli elementi costituenti il sistema rumore);✓ rapporti di prova;✓ manuale di installazione;✓ manuale di manutenzione;✓ completezza del materiale fornito.
ULTERIORI VERIFICHE	<ul style="list-style-type: none">✓ ispezioni in officine/stabilimenti;✓ certificazioni/attestazioni;✓ campioni rappresentativi della fornitura da sottoporre a prove di laboratorio;
NOTA	<i>Se il Direttore Lavori riscontra che un qualsiasi materiale non sia adatto all'impiego DEVE chiederne la sostituzione.</i>

Tabella 20 Accettazione dei materiali (*check-list*).

15.1.1. Marcatura CE e Verifica della Costanza della Prestazione

Il rilascio della **Marcatura CE** per i **sistemi di protezione acustica** avviene sulla base della individuazione del sistema applicabile di Valutazione e Verifica della Costanza della Prestazione. Il sistema di Valutazione e Verifica della Costanza



della Prestazione per i sistemi di protezione acustica (definito nell'allegato ZA.2 della norma UNI EN 14388) è il sistema 3 tra quelli di attestazione previsti dal Regolamento UE 305/2011. L'eventuale adozione di sistemi più restrittivi (sistemi 1, 1+, 2 e 2+) è ammissibile.

In particolare, il suddetto livello 3 prevede che:

- il fabbricante *"effettui il controllo della produzione in fabbrica"*;
- il laboratorio di prova notificato *"determini il prodotto-tipo in base a prove di tipo (sulla scorta del campionamento effettuato dal fabbricante), a calcoli di tipo, a valori desunti da tabelle o a una documentazione descrittiva del prodotto"*.

Con particolare riguardo alle **barriere antirumore**, in quanto attrezzature stradali, queste sono obbligate al rilascio della Marcatura CE, che deve essere redatta secondo quanto previsto dalla Norma armonizzata UNI EN 14388.

Nel dettaglio, la Marcatura CE delle barriere antirumore consiste nella dichiarazione sia delle prestazioni direttamente connesse alla loro funzione (prestazioni acustiche intrinseche) che delle prestazioni "non acustiche", ovvero inerenti le prestazioni meccaniche, relative alla sicurezza in esercizio, relative alla protezione ambientale, alla durabilità nel tempo ed alla sostenibilità.

NOTA Tale dichiarazione deve inoltre riguardare il mantenimento nel tempo delle prestazioni dichiarate.

La Dichiarazione della Prestazione delle caratteristiche essenziali, che è di responsabilità del produttore, deve essere effettuata in base a rapporti di prova emessi da laboratorio notificato, con evidenza di notifica riportata sul sito ufficiale della Commissione Europea <http://ec.europa.eu/enterprise/newapproach/nando/>, ovvero da relazioni di calcolo validate da professionista abilitato a firmare relazioni di calcolo strutturale.

NOTA Si precisa che la marcatura CE di una barriera antirumore deve riferirsi alla prestazione del sistema nella sua interezza; non è una semplice raccolta di certificati di collaudo e/o relazioni di calcolo sui singoli componenti.

NOTA Nel caso delle barriere integrate occorre considerare che il sistema di Valutazione e Verifica della Costanza della Prestazione per le barriere di sicurezza (definito nella norma UNI EN 1317-5) è il sistema 1 tra quelli di attestazione previsti dal Regolamento UE 305/2011.



15.1.2. Dossier di Prodotto

Per garantire la corrispondenza dei materiali e dei sistemi proposti in fase di gara alle specifiche di progetto, per essi deve essere presentato il **Dossier di Prodotto**. Tale documento contiene:

- tutti i **certificati di prova** attestanti la conformità dei materiali e dei sistemi proposti ai requisiti minimi prestazionali specificati;

Inoltre, a garanzia della conformità dei campioni stessi alle norme prescritte, sarà richiesta una dichiarazione impegnativa, firmata dal legale rappresentante dell'impresa aggiudicataria, relativa ai prodotti impiegati, accompagnata da certificati ufficiali di analisi, rilasciati da istituti specializzati, competenti ed autorizzati, per tutti o parte dei materiali usati, secondo quanto richiesto dalla Direzione Lavori. Tale dichiarazione dovrà contenere:

- nomi commerciali, eventuali marchi di fabbrica, tipi e caratteristiche tecniche dei prodotti che verranno usati;
- metodi e cicli per le lavorazioni di materiali;
- identificazione degli stabilimenti di produzione e ragione sociale della Ditta produttrice.

La presentazione da parte dell'aggiudicatario di **certificato di qualità del fornitore** del prodotto fornito, non lo esime in alcun modo dalle responsabilità dirette verso ANAS in merito alla qualità del prodotto stesso.

15.2. Controlli

In ogni caso, prima della sua installazione, la Direzione Lavori dovrà eseguire i **controlli** per l'accettazione preventiva completa del materiale consegnato.

La **Direzione Lavori** si riserva comunque, ogni volta che lo ritenga opportuno, la facoltà di svolgere **ispezioni in officina/stabilimento**, nonché di richiedere le certificazioni/attestazioni che riterrà opportune, sia per constatare la rispondenza dei materiali impiegati, che le attestazioni di regolarità delle lavorazioni.

All'Impresa aggiudicataria, per la verifica delle caratteristiche prestazionali dei materiali impiegati, potrà essere richiesto di fornire **campioni rappresentativi della fornitura** (che saranno oggetto di prove di laboratorio, presso Istituti riconosciuti e specializzati), allo scopo di garantire l'effettiva rispondenza tra la campionatura stessa ed i dati riportati nelle schede tecniche di prodotto.



NOTA Nel caso di esito negativo, la Direzione Lavori eseguirà un prelievo di una parte dei dispositivi posti in opera fino al 10% della lunghezza totale della barriera senza che l'Impresa possa avanzare alcun diritto o compenso.

La Direzione Lavori ha la facoltà di richiedere, nella fase di realizzazione delle opere, l'esecuzione di **rilievi in situ e prove di laboratorio** su campioni, senza che l'Impresa possa avanzare alcun diritto o compenso per lo svolgimento delle attività di supporto eventualmente necessarie alla loro esecuzione.

I **risultati** delle prove e dei rilievi effettuati dovranno essere riportati in appositi verbali.

L'Appaltatore ha la facoltà - qualora lo richieda all'atto della presentazione dei campioni, ovvero prima della data comunicata dalla Direzione Lavori per l'esecuzione dei rilievi e/o delle verifiche in opera - di assistere alle prove o di farsi rappresentare.

L'esito delle prove farà fede a tutti gli effetti.

Nei successivi paragrafi vengono indicate le prove da effettuare allo scopo di verificare le caratteristiche acustiche e non delle barriere antirumore.

Le sanzioni conseguenti ad eventuali esiti negativi dei controlli sono riportate nel successivo **Paragrafo 18 NON CONFORMITÀ E SANZIONI** (sanzioni in caso di non conformità di prodotto).

15.2.1. Caratteristiche acustiche - Barriere antirumore

Allo scopo di valutare le caratteristiche acustiche estrinseche (*Insertion Loss*) di una barriera antirumore, si procede secondo la Norma UNI 11022 in base alle situazioni secondo:

- Metodo A: applicabile ai casi di interventi di bonifica acustica realizzati per infrastrutture esistenti;
- Metodo B: applicabile ai casi di barriere antirumore realizzati contestualmente alla costruzione di nuove infrastrutture, ovvero al potenziamento di infrastrutture esistenti

In entrambi i casi, si distingue tra livelli acustici:

- *ante-operam*, da valutare in corrispondenza di alcuni Punti di Controllo (PC) prima della realizzazione della barriera antirumore;
- *post-operam*, da misurare negli stessi punti di controllo dopo la sua realizzazione.



Nel dettaglio, i livelli acustici *ante-operam* nei Punti di Controllo possono essere il risultato di rilievi fonometrici o di calcolo effettuato con modello acustico previsionale, a seconda che la strada sia aperta o meno al traffico prima della realizzazione del sistema antirumore.

I livelli acustici *post-operam* nei Punti di Controllo, invece, sono ottenuti in fase di verifica del requisito prestazionale (*Insertion Loss*), mediante l'esecuzione di **rilievi fonometrici**.

NOTA i dettagli dell'esecuzione dei rilievi sopra indicati sono riportati documento "Istruzioni tecniche per la progettazione realizzazione e verifica delle prestazioni dei sistemi di protezione acustica".

15.2.2. Caratteristiche non acustiche - Rivestimenti anticorrosivi

La **zincatura** dei montanti e delle piastre in acciaio della barriera antirumore saranno verificate con le prove previste dalla Norma UNI EN ISO 1461 riguardante "Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova". La verifica delle suddette caratteristiche, che dovrà essere effettuata per ciascuna tipologia di elemento e per ogni partita di fornitura, sarà svolta su elementi prelevati in contraddittorio con l'Impresa.

15.2.3. Caratteristiche non acustiche - Serraggio di tirafondi e bulloni

Il **serraggio di tirafondi e bulloni** può essere effettuato con l'utilizzo di chiave pneumatica, purché questa venga controllata con chiave dinamometrica, la cui taratura con l'eventuale moltiplicatore dovrà risultare da certificato rilasciato da Laboratorio idoneo.

L'effettivo utilizzo della chiave dinamometrica dovrà essere registrato in un apposito libretto; a tale proposito, sarà consentito un uso massimo di 180 giorni dalla data di taratura del sistema chiave dinamometrica ed eventuale moltiplicatore.

Per l'esecuzione dei controlli dovrà comunque essere utilizzata una chiave dinamometrica provvista del suddetto certificato di taratura.

15.3. Laboratori accreditati

Le **prove di qualifica** eseguite in integrazione alla **Marchatura CE**, nonché le **prove di collaudo o verifica** eseguite sui materiali o sui singoli componenti dei sistemi di protezione acustica, dovranno essere effettuate da **laboratori accreditati** secondo la Norma ISO 17025 da Ente ACCREDIA, da Enti equivalenti europei affiliati



all'associazione degli organismi di accreditamento europei EA (<http://www.european-accreditation.org>), ovvero dai laboratori del Centro Ricerca di Cesano - ANAS.

16. MODALITÀ DI ESECUZIONE

Il montaggio in opera di tutte le strutture che costituiscono ciascun manufatto del **sistema di protezione acustica** sarà effettuato in conformità a quanto previsto nella Relazione di calcolo, negli elaborati progettuali e - soprattutto - nel **manuale di installazione**.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito ed il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano deformate o sovraccaricate.

Le parti a contatto con funi, catene od altri organi di sollevamento saranno opportunamente protette.

L'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato nei tempi e nei modi concordati con la Direzione Lavori. Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura che costituisce il sistema antirumore previsto raggiunga la configurazione geometrica indicata negli elaborati progettuali.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata e, in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e sottosuolo.

Dopo il completamento della struttura e prima dell'esecuzione della **prova di carico**, l'Appaltatore dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni, dandone preventiva comunicazione alla Direzione Lavori.

Per tutti i pannelli disposti su opere d'arte (ponti, viadotti, sovrappassi) posti a distanza da edifici abitativi inferiore a 10 m, deve essere predisposto un **sistema di ritenuta/aggancio** che impedisca il distacco/caduta dalle strutture portanti.



I collegamenti ai manufatti, alle porte di emergenza, ai giunti di dilatazione, ecc., dovranno essere realizzati mediante dispositivi a tenuta acustica, effettuati a regola d'arte. Anche fra i montanti ed i pannelli devono essere previste **guarnizioni acusticamente ermetiche**. Allo scopo di evitare la propagazione delle onde sonore dovute all'irregolarità delle superfici in calcestruzzo, tra i pannelli e le fondazioni in calcestruzzo, nonché tra i pannelli e le lastre prefabbricate, deve essere previsto un elemento sigillante costituito da idonea guarnizione.

L'intera barriera deve essere costruita in modo da evitare in ogni punto il **ristagno dell'acqua**; in particolare, per quanto riguarda i pannelli compositi, l'acqua deve fuoriuscire facilmente dai singoli pannelli (fori sul fondo) e non ristagnare sia fra pannello e pannello, sia fra pannello inferiore della barriera e superficie di appoggio.

Nel caso di **sostituzione totale o parziale di barriera esistente**, lo smontaggio degli elementi (pannelli, montanti, ecc.) dovrà essere effettuato con cura, senza causare rotture o danni, riducendo al minimo le interferenze ai flussi di traffico della viabilità interessata; eventuali danni o perdite saranno imputate all'Impresa.

Le banchine in terra, le cunette ed i cordoli in calcestruzzo, ecc., sede dei montanti estratti, dovranno essere perfettamente ripristinate ed ogni detrito o materiale di scarto trasportato a rifiuto a cura e spese dell'Impresa.

Nello **smontaggio e rimozione della barriera**, comunque costituita, è compreso ogni onere e magistero occorrente, nonché l'onere del carico, del **trasporto e smaltimento in discarica autorizzata** del materiale rimosso e non utilizzabile, ovvero il trasporto fino al magazzino/deposito ANAS del materiale riutilizzabile (a discrezione della Direzione Lavori), che resta di proprietà dell'Amministrazione.



POSA IN OPERA DEL SISTEMA ANTIRUMORE		
I Controlli da effettuare in corso d'opera per la valutazione di conformità della fornitura fanno riferimento alle Norme: UNI EN ISO 14388, UNI EN ISO 14389-1 e 2.		
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA	
POSA IN OPERA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ il rispetto della configurazione indicata negli elaborati progettuali del sistema antirumore, ✓ il corretto posizionamento del pannello di sovrapposizione arretrato rispetto alla barriera stessa nel caso in cui questa debba essere interrotta; ✓ il serraggio dei bulloni effettuato con chiave dinamometrica; ✓ i risultati della prova di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni, alla fine dell'installazione e prima dell'esecuzione della prova di carico; ✓ l'inserimento del dispositivo acusticamente ermetico tra cordolo e pannelli in caso di presenza di interstizi tra gli stessi; ✓ la presenza ed il corretto funzionamento del sistema di ritenuta/aggancio che impedisca il distacco o la caduta delle strutture portanti nel caso di baffles o coperture totali; ✓ la presenza di guarnizioni acusticamente ermetiche tra i montanti e i pannelli, tra i pannelli e le fondazioni e tra i pannelli e le lastre prefabbricate; ✓ l'assenza del ristagno di acqua in qualsiasi parte del sistema antirumore installato; 	
PROVE DI CONTROLLO IN OPERA	CARATTERISTICHE ACUSTICHE	Rilievi in situ per la verifica di: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Barriere antirumore: Insertion Loss (UNI 11022);
	CARATTERISTICHE NON ACUSTICHE	Prove di laboratorio su campioni per la verifica di: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rivestimenti anticorrosivi (UNI EN ISO 1461); ▪ Serraggio di bulloni e tirafondi con l'utilizzo di chiave dinamometrica.
SMONTAGGIO	Il Direttore dei lavori deve verificare che le banchine in terra, le cunette e i cordoli in calcestruzzo, siano perfettamente ripristinate dall'impresa	

Tabella 21 Posa in opera del sistema antirumore (check-list).



17. MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

L'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio, sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, tutti i **disegni contabili** delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite, con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera, ovvero la lavorazione interessata.

Tali disegni contabili, da predisporre su supporto informatico e da tradurre, almeno in duplice copia, su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla **Direzione Lavori**, per il necessario e preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, svolte durante l'esecuzione dei lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore.

La suddetta documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli **Stati di Avanzamento Lavori** (SAL) e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

Si evidenzia, inoltre, che tale documentazione contabile resterà di proprietà dell'ANAS.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

- i lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche (ovvero a numero), così come rilevate dalla **Direzione Lavori**, in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori;
- i lavori da compensare "a corpo", invece, saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche (ovvero a numero), rilevate dalla **Direzione Lavori** in contraddittorio con l'Appaltatore, che verranno confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto di Appalto.

Per quanto riguarda la predisposizione degli **Stati di Avanzamento Lavori** e l'emissione delle relative rate d'acconto, il corrispettivo da accreditare nei SAL è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del **Collaudo** in corso d'opera.

All'avvenuto completamento di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione, redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la **Direzione Lavori** provvederà al pagamento del residuo con le suddette modalità,



deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla **Commissione di Collaudo** in corso d'opera.

I **sistemi di protezione acustica** posti in opera verranno misurati sulla loro superficie effettivamente installata, mentre per i **diffrattori** dovrà essere misurata la lunghezza effettiva installata.

Relativamente alle **barriere integrate**, il sistema unico (sicurezza ed antirumore) verrà misurato sulla sua effettiva lunghezza, distinguendo i casi di altezza minima di 3m e quello di 5m, nonché le tipologia di barriera di sicurezza H2 e H4, come meglio specificato nella relativa voce di **Elenco Prezzi**.

Per questa tipologia di barriere, nelle voci di **Elenco Prezzi** deve intendersi sempre compreso e compensato anche l'onere della fornitura e posa in opera dei dispositivi rifrangenti, se non espressamente esclusi nel suddetto Elenco.

I **sistemi di protezione acustica** che, ove necessario, dovranno essere posti in opera con diversa configurazione rispetto a quanto previsto negli elaborati progettuali, verranno compensati con le relative voci di **Elenco Prezzi**.

Resta stabilito che, nelle voci di **Elenco Prezzi**, sono compresi e compensati i montanti ed i pezzi speciali (porte, ecc.); inoltre, per le barriere che necessitano di fondazione, sono compresi anche l'onere della formazione dei fori nelle opere di fondazione e del fissaggio dei sostegni con eventuale malta cementizia o resina.

18. NON CONFORMITÀ E SANZIONI

Tutte le prestazioni dei componenti i **sistemi di protezione acustica** prescritti dal progetto e dichiarati nel **Dossier di Prodotto** potranno essere singolarmente verificati in corso d'opera.

Ogni inidoneità riscontrata obbliga l'Appaltatore all'applicazione dei necessari correttivi, ovvero alla sostituzione del componente inidoneo con altro componente che assicuri le prestazioni dovute.

Qualora le caratteristiche e la qualità dei materiali non dovessero corrispondere ai limiti in precedenza indicati, la partita sarà ritenuta **non conforme** e la **Direzione Lavori** procederà nei modi di seguito descritti:

- per irregolarità relative alla qualità dei materiali e alle caratteristiche geometriche degli elementi (spessori, dimensioni, ecc.) e quanto altro possa concorrere, anche in modo parziale, a compromettere la resistenza



strutturale, l'Aggiudicatario sarà tenuto a sostituire a sue spese i materiali non conformi con altri che rispondano alle caratteristiche richieste;

- per **irregolarità relative allo spessore delle protezioni anticorrosive** che, comunque, non concorrano a compromettere le prestazioni della barriera e comunque non superiore al 20% di spessore in meno, si procederà all'applicazione di una **sanzione percentuale sul prezzo contrattuale della voce relativa di elenco prezzi** pari alla percentuale di spessore mancante rispetto a quella indicata. Oltre il 20% di spessore di protezione anticorrosiva in meno, si dovrà procedere alla sostituzione dei materiali.
- per **irregolarità relative alle modalità di installazione**, o per esito negativo delle verifiche sulle prestazioni complessive dei sistemi di protezione acustica, l'Appaltatore è tenuto a sua cura e spese al completo rifacimento dei sistemi di protezione acustica, ovvero alla parte di essi risultante inidonea.

L'esito delle prove farà fede a tutti gli effetti.

In ogni caso, i materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere e riciclati o smaltiti a cura e spese dell'Appaltatore.

Le **prestazioni complessive dei sistemi di protezione acustica** saranno verificate con riferimento al parametro "*Insertion Loss*", con le modalità specificate nelle Istruzioni Tecniche.

Per l'Appaltatore, il riscontro di un mancato raggiungimento degli obiettivi di mitigazione comporta l'onere di revisione del progetto acustico e di revisione/integrazione dell'intervento effettuato, entro un termine di tempo che verrà stabilito dalla **Direzione Lavori**.

19. COLLAUDO

Il **Collaudatore**, alla fine dei lavori di realizzazione delle opere, dovrà procedere al **collaudo** del sistema di protezione acustica, allo scopo di accertarne la rispondenza alle indicazioni progettuali. Nel dettaglio, le attività di collaudo sono distinte nelle due tipologie di verifiche di seguito riportate, che devono essere attuate in sequenza:

- i. il **Collaudo tecnico amministrativo**, che consiste nella verifica puntuale della rispondenza tra opere realizzate ed opere progettate, con particolare riferimento alle caratteristiche geometriche e dimensionali delle opere, alle caratteristiche strutturali, a quelle acustiche dei singoli componenti e, quindi, del sistema nel suo complesso, oltre che della rispondenza dei valori



indicati nelle dichiarazioni di prestazione (attestazione di Marcatura CE) e nel dossier di Prodotto;

- ii. la **verifica dell'avenuta mitigazione acustica**, da attuare attraverso l'esecuzione di rilevazioni fonometriche in corrispondenza di punti di misura significativi.

La non rispondenza di una o più delle verifiche di cui al punto i. non consente l'esecuzione delle verifiche di cui al punto ii. ciò, in quanto, tali non rispondenze sono da imputarsi ad errori di esecuzione e, di conseguenza, rendono non collaudabile e liquidabile il lavoro.

19.1. Collaudo delle caratteristiche non acustiche

Vengono di seguito descritte le modalità di collaudo delle caratteristiche geometriche, dimensionali e strutturali delle barriere antirumore.

Le prove richieste dal Collaudatore saranno a carico dell'Appaltatore del sistema antirumore.

La parte integrante del collaudo delle suddette caratteristiche è rappresentata dalla verifica puntuale dei seguenti documenti, che dovranno essere consegnati dall'Impresa alla Direzione Lavori al termine di tutte le lavorazioni:

- Elaborati costruttivi finali dell'opera (*As Built*)
- Dichiarazione di prestazione (attestazione di Marcatura CE)
- Rapporti di prova
- Manuale di installazione
- Manuale di manutenzione

Il collaudo delle caratteristiche non acustiche del sistema antirumore consiste nello svolgimento delle seguenti attività:

- verifica delle **caratteristiche geometriche e dimensionali**;
- verifica delle **caratteristiche strutturali** (anche mediante l'esecuzione di prove di carico di reazione al fuoco o altro);
- verifica del corretto **serraggio di tirafondi e bulloni**.

Qualora caratteristiche dell'opera realizzata non rispondano alle specifiche di progetto, l'opera dovrà essere adeguata e resa conforme alle specifiche



progettuali, secondo le prescrizioni del Collaudatore. Il Collaudatore, dopo aver concluso le suddette attività (descritte in dettaglio nei successivi Paragrafi) e verificato il rispetto di quanto eventualmente richiesto, provvederà quindi al rilascio del relativo Certificato di collaudo.

19.2. Collaudo delle caratteristiche acustiche

Il collaudo funzionale delle caratteristiche acustiche, sia intrinseche che estrinseche, oltre che di quelle relative alla verifica dell'avvenuta mitigazione deve essere effettuato attraverso le due fasi successive che vengono di seguito riportate:

- **Collaudo dell'opera realizzata**, che consiste nell'analisi della documentazione tecnica (relazioni di progetto, certificati di attestazione delle caratteristiche dei materiali, ecc.), oltre che nella verifica, anche per ispezione visiva, dei componenti del sistema antirumore (assenza di fessure, corretto inserimento di guarnizioni, sigillanti, ecc.);
- **Collaudo funzionale**, che consiste nella:
 - **verifica delle caratteristiche acustiche estrinseche** del sistema antirumore (*Insertion Loss*);
 - **verifica delle caratteristiche acustiche intrinseche** del sistema antirumore (fonoisolamento e fonoassorbimento in situ);
 - **verifica dell'avvenuta mitigazione dei livelli sonori** in corrispondenza dei Punti di Controllo (così come previsto nelle indicazioni progettuali e nelle previsioni di stima del clima acustico *post-operam* presenti in progetto, accettate/revisionate a cura dell'appaltatore), nonché di alcuni ricettori.

Nel caso di strade esistenti.

- La verifica delle caratteristiche acustiche estrinseche della barriera consiste nella effettuazione dei rilievi fonometrici *post-operam* presso punti di misura significativi (Punti di Controllo, Punti di Riferimento e ricettori).
- I valori di *Insertion Loss* della barriera sono ottenuti come differenza tra i livelli sonori rilevati nella fase *post-operam* e quelli misurati nell'*ante-operam*, in corrispondenza delle stesse postazioni di misura. Il confronto dei valori rilevati con i limiti di immissione acustica previsti dalla legislazione consente di accertare l'avvenuta mitigazione.

Per le strade di nuova realizzazione.



- I rilievi fonometrici *ante-operam*, eseguiti in fase di progetto per la valutazione del clima acustico in prossimità dei ricettori interessati dalla presenza del nuovo tracciato, consentono attraverso un modello di calcolo previsionale, la simulazione del clima acustico *post-operam* (sulla base dei dati di traffico previsti per la strada di progetto).
- Le misure *post-operam* verificano che gli interventi realizzati abbiano conseguito la mitigazione prevista.
- Il rispetto delle caratteristiche acustiche estrinseche assicura il corretto funzionamento della barriera, ma non esime l'Impresa dall'effettuare il collaudo delle caratteristiche acustiche intrinseche.

Il collaudo si considera superato se le verifiche effettuate confermano l'effettivo conseguimento della mitigazione prevista ai ricettori, con riferimento alla modellazione del clima acustico *post-operam*.

Il dettaglio delle operazioni di verifica e di calcolo da eseguire in fase di collaudo è riportato nelle Istruzioni Tecniche.

20. GARANZIA

A **garanzia** della durata dell'opera ed a prescindere dalla tipologia dei materiali utilizzati, ANAS richiede il mantenimento di una **fidejussione** da parte del soggetto appaltatore, per un periodo fissato in **10 anni** a partire dalla data del collaudo tecnico amministrativo dell'opera, per un importo pari al 5% del valore dell'installazione (fornitura e posa in opera).

Tale fidejussione, che è finalizzata a garantire il rispetto degli standard di qualità dei materiali e dell'installazione complessiva nei tempi fissati, viene svincolata al termine del periodo suddetto, a seguito del positivo esito delle verifiche di seguito descritte.

21. MANUTENZIONE

I sistemi antirumore devono essere dotati di un **Piano di Manutenzione**, così come previsto dalle Norme UNI/TR 11338. Tale Piano, che costituisce parte integrante del Progetto Esecutivo, deve prevedere, pianificare e programmare le attività di manutenzione delle opere di protezione acustica, allo scopo di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.



21.1. Contenuti ed articolazione del Piano di Manutenzione

Nel Rispetto di quanto prescritto nel vigente Codice degli Appalti e nel relativo Regolamento attuativo, il **Piano di Manutenzione** è costituito dai seguenti documenti operativi:

- **Manuale d'uso**, che riporta i metodi di ispezione da utilizzare allo scopo di individuare i possibili guasti che possono influenzare la durabilità del bene, la cui risoluzione consente di garantire l'allungamento della vita utile del sistema antirumore ed il mantenimento del valore patrimoniale dello stesso;
- **Manuale di manutenzione**, che costituisce lo strumento in grado di gestire un contratto di manutenzione ordinaria e l'eventuale ricorso ai centri di assistenza o di servizio;
- **Programma di manutenzione**, che definisce e programma gli interventi necessari a garantire la funzionalità, la durabilità ed il corretto esercizio del manufatto, nonché la frequenza, gli oneri e le strategie di attuazione degli interventi da realizzare nel medio e nel lungo periodo; in particolare, tale programma deve essere definito in funzione delle prestazioni attese (per classe di requisito), dei controlli da eseguire nei successivi momenti del ciclo di vita dell'opera (dinamica delle prestazioni), oltre che dell'organizzazione temporale degli interventi di manutenzione da realizzare.

Già nelle fasi di esecuzione delle scelte progettuali e costruttive, si dovrà tener conto dell'esigenza di minimizzare gli interventi di manutenzione sulle opere realizzate.

A tale proposito, è opportuno che la realizzazione del sistema antirumore sia tale da garantire che, dopo il suo collaudo, durante la **Vita di Servizio dell'opera** (che viene considerata al **minimo pari a 10 anni**) non debbano di norma venire eseguiti importanti lavori di manutenzione, escludendo i lavori dovuti a cause accidentali, nonché gli interventi di pulizia ordinaria e di eventuale rimozione dei graffiti.

L'Appaltatore, in caso di esito negativo dei controlli, sarà chiamato a sostituire gli elementi divenuti inadeguati, per tutto il periodo sopra fissato, e comunque a rispondere nei confronti della stazione appaltante nei termini previsti dalle Norme Generali.



Lo stesso Appaltatore si dovrà quindi impegnare a fornire, per i suddetti anni, elementi uguali a quelli messi in opera, oppure a sostituirli con elementi aventi almeno pari prestazioni e tali da non compromettere l'estetica dell'opera realizzata.

Nei successivi paragrafi, distinti tra elementi acustici e strutturali, sono riportati (a titolo indicativo e non esaustivo) gli interventi di manutenzione da prevedere per le principali categorie di materiali che costituiscono i sistemi antirumore.

21.2. Manutenzione degli elementi acustici

Vengono di seguito riportate le attività di controllo e gli interventi per la manutenzione degli elementi acustici che costituiscono il sistema antirumore, con l'indicazione della frequenza con le quali devono essere attuate. Tale elenco è da considerarsi minimo, ma non esaustivo.

I controlli devono essere eseguiti con riferimento ai differenti possibili materiali con i quali sono realizzati i sistemi di protezione acustica.

Le attività di controllo saranno tutte effettuate da ANAS. L'esecuzione degli eventuali interventi di manutenzione sarà a carico, rispettivamente, dell'Appaltatore (Tabella 23) e di ANAS (Tabella 24). L'Appaltatore risponderà nei termini previsti nelle Norme Generali, in caso di mancata esecuzione degli interventi di manutenzione che si renderanno necessari a seguito dei controlli periodici.

Attività di controllo	Frequenza	Intervento di manutenzione
Ispezione dell'integrità dei pannelli dovuta a deformazioni del pannello o dei suoi componenti	1 anno	Sostituzione del pannello o di un suo componente in caso di danneggiamento grave
Verifica distacchi copriferro sulla porzione strutturale / fessurazioni sulla porzione strutturale / rotture localizzate	5 anni	Trattamento ferri di armatura e/o ricostituzione/sostituzione della parte ammalorata
Controllo dell'ortogonalità dei pannelli mediante livella torica	1 anno	Livellamento o smontaggio e rimontaggio pannello e/o montanti
Controllo caratteristiche acustiche eseguita da tecnici competenti in acustica e/o misure acustiche	5 anni	Sostituzione del pannello in caso di degrado superiore alle previste caratteristiche acustiche di durabilità
Controllo dello stato della verniciatura e/o zincatura	3 anni	Ripristino verniciatura e/o zincatura



Attività di controllo	Frequenza	Intervento di manutenzione
Controllo della tenuta delle guarnizioni	3 anni	Sostituzione delle guarnizioni in caso di difetti
Controllo del pannello fonoassorbente interno	3 anni	Sostituzione del pannello fonoassorbente
Ispezione per valutare l'integrità ed il corretto posizionamento del diffrattore	1 anno	Sostituzione della scossalina o del diffrattore in caso di danneggiamento grave
Controllo del grado di ingiallimento e/o opacizzazione dei pannelli trasparenti	5 anni	Sostituzione del pannello nel caso di perdita di trasparenza

Tabella 23: **Interventi di manutenzione da eseguire a carico dell'Appaltatore.**

Attività di controllo	Frequenza	Intervento di manutenzione
Ispezione dell'integrità dei pannelli dovuta a danni esterni (graffi, bruciature, ecc.)	1 anno	Sostituzione del pannello in caso di danneggiamento grave
Ispezione della pulizia del pannello	1 anno	Idropulizia con getti di pressione adeguata, trattamento con prodotti specifici per la rimozione graffiti
Ispezione per valutare la presenza ed il serraggio di bulloni o parti divenute sporgenti	2 anni	Riposizionamento degli elementi nella loro posizione originale / serraggio bulloni

Tabella 24: **Interventi di manutenzione da eseguire a carico di ANAS.**

21.3. Manutenzione degli elementi strutturali in acciaio

La **corrosione** delle parti metalliche è un fenomeno particolarmente accentuato in ambito stradale. Le normali condizioni invernali in gran parte del territorio (nebbie, umidità, cicli di gelo-disgelo) e gli stessi sali utilizzati come disgelanti sulle pavimentazioni, hanno azioni chimiche aggressive sui metalli.

Sulle strade, inoltre, sono presenti contatti fra materiali aventi differente potenziale elettrico e diversa resistenza alla corrosione; ne segue spesso un "effetto pila", che induce ulteriori fenomeni di corrosione.

Per garantire agli elementi metallici una lunga durata ed una buona garanzia di conservazione delle prestazioni meccaniche le azioni più utilizzate sono zincatura e verniciatura.



È importante quindi nelle operazioni di manutenzione valutare le condizioni degli elementi metallici ed ogni segnale di usura, corrosione o danni agli strati protettivi.

Per le barriere acustiche in particolare il montante non deve mostrare segni di impatto o di deformazione. In caso contrario, occorre procedere alla sua sostituzione. La rimozione e la sostituzione di un montante è un'operazione impegnativa, che richiede l'utilizzo di mezzi meccanici e impatta sull'esercizio dell'infrastruttura stradale.

Le attività di ispezione e controllo saranno effettuate da parte di ANAS mentre gli eventuali interventi correttivi sugli elementi strutturali in acciaio e del sistema antirumore dovranno essere eseguiti sia dall'Appaltatore (Tabella seguente) che da ANAS (Tabella successiva).

Attività di controllo	Frequenza	Intervento di manutenzione	Soluzione a cura di
Ispezione dell'integrità delle parti strutturali	1 anno	Sostituzione della parte in caso di danneggiamento grave	Appaltatore
Controllo dell'ortogonalità del telaio mediante livella torica	1 anno	Livellamento o smontaggio e rimontaggio del montante	Appaltatore
Valutazione dello stato di corrosione	5 anni	Sostituzione del montante in caso di pericolo di staticità	Appaltatore

Tabella 26: **Interventi di manutenzione da eseguire a carico dell'Appaltatore.**



Attività di controllo	Frequenza	Intervento di manutenzione	Soluzione a cura di
Presenza di graffiti	trimestrale	Rimozione secondo le modalità previste dal presente Capitolato, dalle schede tecniche del fornitore di pitture e dai prezziari ANAS	ANAS
Ispezione della pulizia del montanti	1 anno	Sciacquare con acqua evitando getti con pressione eccessiva, trattamento con prodotti specifici per la rimozione graffiti	ANAS
Verifica mantenimento delle coppie di serraggio nei collegamenti bullonati delle parti strutturali portanti (es. tirafondi)	5 anni	Ripristino del corretto serraggio	ANAS

Tabella 27: **Interventi di manutenzione da eseguire a carico di ANAS.**

21.4. Manutenzione degli accessori metallici

È importante controllare la condizione di tutti gli elementi metallici; in caso di danni o lacune, la relativa sostituzione di tali elementi è a carico dell'Appaltatore.

Per quanto riguarda la sostituzione di piccoli elementi metallici, quali **viti e chiodi, bulloneria in genere**, sono ammessi esclusivamente componenti in acciaio inossidabile.

Le **scossaline** devono essere realizzate in acciaio al carbonio di prima scelta, zincato e preverniciato con vernice al poliestere; inoltre, devono essere collegate mediante rivetti o chiodi sempre in acciaio inox.

Qualora siano presenti **bulloni non dotati di un controdado**, è importante verificare che gli sforzi di fatica, dovuti allo spostamento d'aria generato dal passaggio del traffico veicolare, non possano creare un allentamento, facendo diminuire la coppia di serraggio del dado applicato al tirafondo.

A tale proposito, la Direzione Lavori stabilirà numero e collocazione dei bulloni che saranno marcati con una linea di vernice indelebile, volta ad evidenziare un eventuale allentamento.

Si evidenzia, comunque, che in ogni caso **controlli con chiave dinamometrica** saranno eseguiti periodicamente da parte di ANAS (**almeno ogni 5 anni**), allo scopo di controllare lo stato del fissaggio dell'opera al manufatto.

21.5. Ripristino dei danni da vandalismo



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.23 - Rev. 1.0
Sistemi di protezione acustica

Nel **Piano di Manutenzione** sopra citato dovrà essere inclusa l'adozione di un **programma di ripristino** dei sistemi di protezione acustica posti in opera che saranno eventualmente oggetto di specificati atti di **vandalismo**.



22. APPENDICE

22.1. Schema di Dichiarazione di Prestazione (Regolamento UE 305/2011)

4.4.2011

IT

Gazzetta ufficiale dell'Unione europea

L 88/37

ALLEGATO III

DICHIARAZIONE DI PRESTAZIONE

n.

1. Codice di identificazione unico del prodotto-tipo:
2. Numero di tipo, lotto, serie o qualsiasi altro elemento che consenta l'identificazione del prodotto da costruzione ai sensi dell'articolo 11, paragrafo 4:
.....
3. Uso o usi previsti del prodotto da costruzione, conformemente alla relativa specifica tecnica armonizzata, come previsto dal fabbricante:
.....
.....
4. Nome, denominazione commerciale registrata o marchio registrato e indirizzo del fabbricante ai sensi dell'articolo 11, paragrafo 5:
.....
.....
5. Se opportuno, nome e indirizzo del mandatario il cui mandato copre i compiti cui all'articolo 12, paragrafo 2:
.....
.....
6. Sistema o sistemi di valutazione e verifica della costanza della prestazione del prodotto da costruzione di cui all'allegato V:
.....
.....
7. Nel caso di una dichiarazione di prestazione relativa ad un prodotto da costruzione che rientra nell'ambito di applicazione di una norma armonizzata:
.....
(nome e numero di identificazione dell'organismo notificato, se pertinente)
ha effettuatosecondo il sistema
(descrizione dei compiti di parte terza di cui all'allegato V)
e ha rilasciato
(certificato di costanza della prestazione, certificato di conformità del controllo della produzione in fabbrica, relazioni di prova/calcolo — a seconda dei casi)
8. Nel caso di una dichiarazione di prestazione relativa ad un prodotto da costruzione per il quale è stata rilasciata una valutazione tecnica europea:
.....
(nome e numero di identificazione dell'organismo di valutazione tecnica, se pertinente)
ha rilasciato
(numero di riferimento della valutazione tecnica europea)
in base a
(numero di riferimento del documento per la valutazione europea)



effettuatasecondo il sistema
 (descrizione dei compiti di parte terza di cui all'allegato V)

e ha rilasciato
 (certificato di costanza della prestazione, certificato di conformità del controllo della produzione in fabbrica, relazioni di prova/calcolo — a seconda dei casi)

9. Prestazione dichiarata

Note relative alla tabella:

1. La colonna 1 contiene l'elenco delle caratteristiche essenziali definite dalle specifiche tecniche armonizzate per l'uso o gli usi previsti di cui al punto 3;
2. Per ciascuna caratteristica elencata nella colonna 1 e conformemente ai requisiti di cui all'articolo 6, la colonna 2 contiene la prestazione dichiarata, espressa in termini di livello, classe o mediante una descrizione, in relazione alle caratteristiche essenziali corrispondenti. Le lettere «NPD» (nessuna prestazione determinata) ove non sia dichiarata alcuna prestazione;
3. Per ciascuna caratteristica essenziale elencata nella colonna 1 la colonna 3 contiene:
 - a) il riferimento datato della norma armonizzata corrispondente e, se pertinente, il numero di riferimento della documentazione tecnica specifica o della documentazione tecnica appropriata utilizzata;
 oppure
 - b) il riferimento datato del documento per la valutazione europea corrispondente, se disponibile, ed il numero di riferimento della valutazione tecnica europea utilizzata;

Caratteristiche essenziali (cfr nota 1)	Prestazione (cfr. nota 2)	Specifiche tecniche armonizzate (cfr. nota 3)

Qualora sia stata usata la documentazione tecnica specifica, ai sensi dell'articolo 37 o 38, i requisiti cui il prodotto risponde:

.....

10. La prestazione del prodotto di cui ai punti 1 e 2 è conforme alla prestazione dichiarata di cui al punto 9.

Si rilascia la presente dichiarazione di prestazione sotto la responsabilità esclusiva del fabbricante di cui al punto 4.


Firmato a nome e per conto di:

.....
 (nome e funzioni)

.....
 (luogo e data del rilascio) (firma)

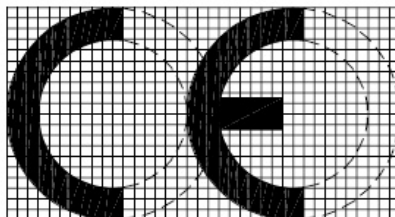


22.2. Esempio di marcatura CE per barriera acustica

 01234											
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050 05											
EN 14388:2005 Barriera per la riduzione del rumore da traffico stradale: Tipo Tutti i rumori, elemento acustico tipo F lunghezza 4 m, tipo palo P, disegni Ag1320, 12 Maggio 2000 e 1322...1326, 17 Maggio 2000 Peso proprio di un elemento acustico asciutto e bagnato ridotto: <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">Peso asciutto</td> <td>0,70 kN</td> </tr> <tr> <td>Peso bagnato ridotto</td> <td>0,92 kN</td> </tr> </table>		Peso asciutto	0,70 kN	Peso bagnato ridotto	0,92 kN						
Peso asciutto	0,70 kN										
Peso bagnato ridotto	0,92 kN										
Resistenza ai carichi <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">Massimo carico verticale sopportabile da un elemento</td> <td>150 kN/m</td> </tr> <tr> <td>Massimo carico perpendicolare (90°) sopportabile da un elemento acustico (causato da vento e carico statico):</td> <td>1,2 kN/m²</td> </tr> <tr> <td>Carico perpendicolare (90°) sopportabile da un elemento strutturale (causato da vento, carico statico esterno e peso proprio):</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Altezza della barriera 3 m</td> <td>5,2 kN/m</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Altezza della barriera 4 m</td> <td>4,4 kN/m</td> </tr> </table>		Massimo carico verticale sopportabile da un elemento	150 kN/m	Massimo carico perpendicolare (90°) sopportabile da un elemento acustico (causato da vento e carico statico):	1,2 kN/m²	Carico perpendicolare (90°) sopportabile da un elemento strutturale (causato da vento, carico statico esterno e peso proprio):		Altezza della barriera 3 m	5,2 kN/m	Altezza della barriera 4 m	4,4 kN/m
Massimo carico verticale sopportabile da un elemento	150 kN/m										
Massimo carico perpendicolare (90°) sopportabile da un elemento acustico (causato da vento e carico statico):	1,2 kN/m²										
Carico perpendicolare (90°) sopportabile da un elemento strutturale (causato da vento, carico statico esterno e peso proprio):											
Altezza della barriera 3 m	5,2 kN/m										
Altezza della barriera 4 m	4,4 kN/m										
<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">Momento torcente a livello del suolo sopportabile da un elemento strutturale (carico dinamico causato dalla pulizia della neve):</td> <td>15 kNm</td> </tr> <tr> <td>Carico perpendicolare (90°) sopportabile da un elemento (carico dinamico causato dalla pulizia della neve):</td> <td>14 kN / 2 m × 2 m</td> </tr> </table>		Momento torcente a livello del suolo sopportabile da un elemento strutturale (carico dinamico causato dalla pulizia della neve):	15 kNm	Carico perpendicolare (90°) sopportabile da un elemento (carico dinamico causato dalla pulizia della neve):	14 kN / 2 m × 2 m						
Momento torcente a livello del suolo sopportabile da un elemento strutturale (carico dinamico causato dalla pulizia della neve):	15 kNm										
Carico perpendicolare (90°) sopportabile da un elemento (carico dinamico causato dalla pulizia della neve):	14 kN / 2 m × 2 m										
<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">Assorbimento acustico: DL_a</td> <td>11 dB</td> </tr> <tr> <td>Isolamento acustico per via aerea: DL_R</td> <td>27 dB</td> </tr> <tr> <td>Riflessione della luce:</td> <td>NPD</td> </tr> <tr> <td>Pericolo di caduta di frammenti:</td> <td>classe 3</td> </tr> </table>		Assorbimento acustico: DL_a	11 dB	Isolamento acustico per via aerea: DL_R	27 dB	Riflessione della luce:	NPD	Pericolo di caduta di frammenti:	classe 3		
Assorbimento acustico: DL_a	11 dB										
Isolamento acustico per via aerea: DL_R	27 dB										
Riflessione della luce:	NPD										
Pericolo di caduta di frammenti:	classe 3										
Durabilità prevista delle caratteristiche acustiche Modifica nell'indice di riflessione sonora DLRI dopo (5, 10, 15 e 20 anni). <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">In tipiche classi di esposizione</td> <td>-3, -5, -5, -6 dB</td> </tr> <tr> <td>In condizione climatica 4K3</td> <td>-3, -5, -6, -8 dB</td> </tr> </table>		In tipiche classi di esposizione	-3, -5, -5, -6 dB	In condizione climatica 4K3	-3, -5, -6, -8 dB						
In tipiche classi di esposizione	-3, -5, -5, -6 dB										
In condizione climatica 4K3	-3, -5, -6, -8 dB										
Modifica nell'indice dell'isolamento acustico per via aerea DL_{a1} dopo (5, 10, 15 e 20 anni): <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">In tipiche classi di esposizione</td> <td>0, 0, 0, -2 dB</td> </tr> <tr> <td>In condizione climatica 4K3</td> <td>-1, -2, -2, -3 dB</td> </tr> </table>		In tipiche classi di esposizione	0, 0, 0, -2 dB	In condizione climatica 4K3	-1, -2, -2, -3 dB						
In tipiche classi di esposizione	0, 0, 0, -2 dB										
In condizione climatica 4K3	-1, -2, -2, -3 dB										
Durabilità prevista delle caratteristiche non acustiche <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">Vita utile:</td> <td>30 anni</td> </tr> </table>		Vita utile:	30 anni								
Vita utile:	30 anni										
<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">Sostanze pericolose</td> <td>Arsenico, Mercurio < 'x' ppm</td> </tr> </table>		Sostanze pericolose	Arsenico, Mercurio < 'x' ppm								
Sostanze pericolose	Arsenico, Mercurio < 'x' ppm										



22.3. Esempio di marcatura CE per barriera di sicurezza



01234

Any Co Ltd, PO Box 21, B-1050
07
01234-CPD-00234

EN 1317-5:2007

Prodotto Conicbarrier, tipo C (doc. 334; maggio 2002), barriera di
sicurezza mediana a due lati da utilizzare in aree soggette a
circolazione

Prestazione in caso d'urto:

- a) Livello di contenimento: H1 e H2
- b) Severità dell'urto: A
- c) Deflessione dinamica: H1 = 1,1 m (W4)
H2 = 1,9 m (W6)
- d) Deflessione dinamica: H1 = 0,5 m
H2 = 1,3 m

Durabilità:

S 235 JR G2 zincato in conformità alla EN ISO 1461

Sostanza pericolosa:

NPD



COORDINAMENTO TERRITORIALE/DIREZIONE

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO

Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

IT.PRL.05.24 - Rev. 1.0

Segnaletica stradale

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.24 - Rev.1.0
Segnaletica stradale

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



INDICE

1	PREMESSA	8
2	SEGNALETICA ORIZZONTALE	10
2.1	SEGNALETICA ORIZZONTALE REALIZZATA CON PITTURA A BASE DI RESINA ALCHIDICA O ACRILICA A SOLVENTE ORGANICO	10
2.1.1	Caratteristiche prestazionali	10
2.1.2	Caratteristiche fisico-chimiche	11
2.1.3	Prove di laboratorio	12
2.1.4	Sostanze pericolose	13
2.2	SEGNALETICA ORIZZONTALE REALIZZATA CON PITTURE A BASE DI RESINA ACRILICA A SOLVENTE ACQUOSO	14
2.2.1	Caratteristiche prestazionali	15
2.2.2	Caratteristiche fisico-chimiche	15
2.2.3	Prove di laboratorio	18
2.3	SEGNALETICA ORIZZONTALE REALIZZATA CON PITTURE A BASE DI MATERIALE TERMOPLASTICO	19
2.3.1	Caratteristiche prestazionali	19
2.3.2	Caratteristiche fisico-chimiche	20
2.3.3	Prove di laboratorio	23
2.4	SEGNALETICA ORIZZONTALE REALIZZATA CON PRODOTTI PLASTICI A FREDDO	24
2.4.1	Caratteristiche prestazionali	24
2.4.2	Caratteristiche fisico-chimiche	25
2.4.3	Prove di laboratorio	26
2.5	SEGNALETICA ORIZZONTALE REALIZZATA CON PRODOTTI PREFORMATI	28
2.5.1	Caratteristiche prestazionali	28
2.5.2	Caratteristiche tecniche	30
2.5.3	Controlli in situ e in laboratorio	32
2.6	PRODOTTI POSTSPRUZZATI E PREMISCELATI PER LA SEGNALETICA ORIZZONTALE	32
2.6.1	Caratteristiche prestazionali delle sfere di vetro postspruzzate	32
2.6.2	Caratteristiche prestazionali dei granuli antiderapanti postspruzzati	33



2.6.3	Caratteristiche fisiche dei prodotti postspruzzati e premiscelati	35
2.6.4	Granulometrie di riferimento delle microsferi di vetro.	36
2.6.5	Sostanze pericolose	40
2.7	DISPOSITIVI RETRORIFLETTENTI INTEGRATIVI DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE	41
2.7.1	Caratteristiche prestazionali	41
2.7.2	Caratteristiche tecniche	42
2.7.3	Prove sugli inserti stradali catarifrangenti	45
3	SEGNALETICA VERTICALE	46
3.1	SEGNALI VERTICALI PERMANENTI CON MATERIALE RETRORIFLETTENTE DELLA FACCIA A VISTA REALIZZATA CON TECNOLOGIA A MICROSFERE DI VETRO	46
3.1.1	Caratteristiche prestazionali del materiale retroriflettente della faccia a vista realizzata con tecnologia in microsferi di vetro di classe RA1 e RA2 e materiale retroriflettente realizzato con tecnologia a microprismi	47
3.1.2	Caratteristiche tecnologiche del materiale retroriflettente della faccia a vista realizzata con tecnologia in microsferi di vetro	53
3.2	SEGNALI VERTICALI PERMANENTI CON MATERIALE RETRORIFLETTENTE DELLA FACCIA A VISTA DI LIVELLO PRESTAZIONALE SUPERIORE	53
3.2.1	Caratteristiche prestazionali del materiale retroriflettente della faccia a vista realizzata con tecnologia a microprismi	53
3.2.2	Caratteristiche tecnologiche del materiale retroriflettente della faccia a vista realizzata con tecnologia a microprismi	55
3.3	SEGNALI VERTICALI PERMANENTI CON MATERIALE FLUORO-RIFRANGENTE DELLA FACCIA A VISTA DI LIVELLO PRESTAZIONALE SUPERIORE	57
3.3.1	Caratteristiche prestazionali del materiale fluoro-rifrangente della faccia a vista realizzata con tecnologia a microprismi	57
3.3.2	Caratteristiche tecnologiche del materiale fluoro-rifrangente della faccia a vista realizzata con tecnologia a microprismi	59
3.4	PANNELLI, SOSTEGNI E FISSAGGI UTILIZZATI PER L'ALLESTIMENTO DEI SEGNALI VERTICALI PERMANENTI	61
3.4.1	Caratteristiche prestazionali	62
3.4.2	Caratteristiche tecniche	65
3.5	STRUTTURE A PORTALE PER L'ALLESTIMENTO DEI SEGNALI VERTICALI PERMANENTI	66



3.5.1	Struttura a portale in acciaio	66
3.5.2	Struttura a portale in alluminio	67
3.5.3	Strutture tubolari	68
4	SEGNALETICA COMPLEMENTARE	68
4.1	DELINEATORI NORMALI	68
4.1.1	Caratteristiche prestazionali	69
4.1.2	Caratteristiche tecniche	70
4.2	DISPOSITIVI RIFRANGENTI	74
4.2.1	Caratteristiche prestazionali	74
4.2.2	Caratteristiche tecniche	75
5	ACCETTAZIONE E CONTROLLI	77
5.1	ACCETTAZIONE	77
5.2	MARCATURA "CE"	79
5.3	DOSSIER DI PRODOTTO	80
5.4	LABORATORI ACCREDITATI	80
5.5	ASPETTI AMBIENTALI CONNESSI ALLA REALIZZAZIONE DELLA SEGNALETICA STRADALE	80
5.5.1	Piano di gestione dei rifiuti	81
6	MODALITA' DI ESECUZIONE	83
6.1	IL PROGETTO DI SEGNALAMENTO	83
6.1.1	Opere complementari per l'allestimento dei segnali verticali	93
7	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	97
8	NON CONFORMITA' E SANZIONI	102
9	COLLAUDO	104
10	MANUTENZIONE	107
11	GARANZIA	113
11.1	SEGNALETICA ORIZZONTALE	113
11.2	SEGNALETICA VERTICALE	114
11.3	SEGNALETICA COMPLEMENTARE	115



12	APPENDICE	118
12.1	NORMATIVE E RIFERIMENTI	118
12.2	NORMATIVA SULLA SEGNALETICA ORIZZONTALE	121
12.3	NORMATIVA SULLA SEGNALETICA VERTICALE	122
12.4	NORME RELATIVE AI PANNELLI, AI SOSTEGNI E AI FISSAGGI DEI SEGNALI VERTICALI PERMANENTI.	123
12.5	NORMATIVA SULLA SEGNALETICA COMPLEMENTARE	123
12.6	NORMATIVA RELATIVA AI CANTIERI DI LAVORO STRADALI	124
12.7	PARAMETRI PRESTAZIONALI DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE	126
12.8	VERIFICA DEI REQUISITI PRESTAZIONALI DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE CON SISTEMI PUNTUALI	131
12.9	VERIFICA DEI REQUISITI PRESTAZIONALI DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE CON SISTEMI AD ALTO RENDIMENTO	135
12.10	VERIFICA DELLE CARATTERISTICHE PRESCRIZIONALI DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE	139
12.11	PROVE SULLE PITTURE A SOLVENTE	140
12.12	PROVE SULLE PITTURE TERMOPLASTICHE, SUI PRODOTTI PLASTICI A FREDDO E SUI PREFORMATI	146
12.12.1	Verifica delle caratteristiche prestazionali della segnaletica verticale	153
12.13	CARATTERISTICHE TECNICHE E PRESTAZIONI PER I SUPPORTI	155
12.13.1	I materiali	156
12.13.2	Spessori minimi	156
12.13.3	Tolleranze degli spessori	156
12.13.4	Dimensioni e tolleranze	157
12.13.5	Bordi de supporti	157
12.13.6	Colore dei supporti e prove di controllo delle caratteristiche	157
12.13.7	Canaletta e rinforzi	159
12.13.7.1	Canaletta semplice	159
12.13.7.2	Rinforzo semplice	159
12.13.7.3	Rinforzo speciale	160



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.24 - Rev.1.0
Segnaletica stradale

12.13.7.4	Spessori di canalette e rinforzi	160
12.13.8	Costruzione dei segnali da assemblare in più pezzi	160
12.13.9	Condizioni per l'applicazione delle diverse tipologie di attacchi	161
12.13.10	Caratteristiche prestazionali dei sostegni	161
12.13.11	Verifiche prestazionali dei delineatori normali	161
12.14	DELINEATORI – PROVE DI LABORATORIO	162
12.14.1	Verifiche prestazionali dei dispositivi rifrangenti	163
13	GLOSSARIO	167



1 PREMESSA

La segnaletica stradale è disciplinata da norme cogenti che descrivono l'insieme delle regole sulle quali deve essere basata l'azione degli Enti ai quali è affidata la gestione delle strade dello Stato, in particolare:

l'art. 14 del Nuovo Codice della Strada, relativamente ai poteri e ai compiti degli Enti responsabili dell'apposizione e manutenzione della segnaletica prescritta;

l'intero Capo II del Titolo II del Decreto Legislativo 285/92 e s.m.i.;

- le corrispondenti norme del Regolamento di esecuzione e di attuazione (Capo II del Titolo II del DPR 495/92 e s.m.i.).

Le imprese appaltatrici, esecutrici o affidatarie, che instaurano un rapporto con ANAS SpA per forniture o esecuzione di lavori inerenti la segnaletica stradale, **sono obbligate ad osservare le norme cogenti che disciplinano la materia e che regolano la predisposizione, l'apposizione, l'installazione dei prodotti e dei dispositivi** oggetto del rapporto stesso.

In merito alle norme tecniche relative ai prodotti utilizzati per realizzare gli "impianti segnaletici", il CEN (Comitato Europeo di Normazione), su indirizzo della Commissione Europea, ha privilegiato le prove di tipo prestazionale rispetto alla mera caratterizzazione fisico-chimica dei prodotti e dispositivi per la segnaletica stradale, lasciando alle singole amministrazioni la facoltà di integrare nei documenti contrattuali anche le prove con cui tradizionalmente si qualificano i materiali forniti dall'appaltatore. In tal caso, relativamente ai prodotti in cui è prevista l'apposizione del marchio "CE", la finalità del controllo da parte del Committente è una verifica della permanenza delle caratteristiche del prodotto dichiarate nel certificato rilasciato dall'Organismo Notificato: è l'accertamento della presenza nei lotti/partite fornite della cosiddetta impronta digitale del prodotto (*fingerprinting*). **Nei casi in cui prodotti non sono soggetti a certificazione "CE", il Committente può determinare liberamente i criteri, le modalità e la frequenza dei controlli necessari.**

In tale contesto, sono comunque ancora valide le norme nazionali per i prodotti e i dispositivi non coperti da norme armonizzate, in particolare i vincoli e le modalità di impiego dei segnali o dispositivi segnaletici di cui all'art. 45, c. 6, del Codice, per i quali **è obbligatorio ricorrere a prodotti omologati o approvati** ai sensi dell'art. 192 del Regolamento di esecuzione e attuazione del Nuovo Codice della Strada.

Il Regolamento n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio, il Regolamento per i prodotti da costruzione (CPR - *Construction Products Regulation*), prescrive che **"la marcatura CE dovrebbe essere l'unica marcatura che attesta che il prodotto da costruzione è conforme alla prestazione dichiarata e risponde ai requisiti applicabili relativi alla normativa di armonizzazione dell'Unione.**



Possono essere utilizzate anche altri prodotti purchè siano conformi ad una Valutazione Tecnica Europea (ETA - *European Technical Approval*), con marcatura CE associata alla Dichiarazione di Prestazione (DoP) a condizione che contribuiscano a migliorare la protezione degli utenti finali dei prodotti da costruzione e non siano contemplate dalla normativa esistente di armonizzazione dell'Unione". Inoltre, "per evitare inutili prove sui prodotti da costruzione la cui prestazione sia stata già sufficientemente dimostrata da prove che abbiano fornito risultati stabili o da altri dati esistenti, il fabbricante dovrebbe essere autorizzato a dichiarare, alle condizioni stabilite nelle specifiche tecniche armonizzate o in una decisione della Commissione, un certo livello o una certa classe di prestazione senza prove o senza prove ulteriori". Il Regolamento 305/2011 rappresenta, ad oggi, il quadro legislativo più avanzato per quanto riguarda i prodotti da costruzione ed essendo un Regolamento non ha bisogno di recepimento da parte degli Stati membri: **le prescrizioni ivi stabilite sono immediatamente efficaci e vincolanti nei paesi membri dell'Unione.**

L'ANAS, in coerenza con le prescrizioni derivanti dalla legislazione comunitaria, ha organizzato il suo sistema di controlli in modo da privilegiare e implementare la verifica degli aspetti prestazionali degli impianti segnaletici realizzati, anche con l'utilizzo di mezzi per il rilievo dei dati ad alto rendimento, pur non rinunciando alle verifiche prescrittive quando ritenute necessarie ovvero al controllo dell'identità dei prodotti forniti, a fronte di incongruenze riscontrate in fase di campionamento a piè d'opera e/o in fase esecutiva dei lavori.

La segnaletica stradale oggetto del presente Capitolato comprende, in ordine, la segnaletica orizzontale, la segnaletica verticale e la segnaletica complementare. La segnaletica di cantiere è parzialmente trattata, limitatamente alla segnaletica orizzontale temporanea e alla segnaletica verticale, mentre la segnaletica luminosa e quella a messaggio variabile sono oggetto di uno specifico Capitolato.

Il presente Capitolato Speciale di Appalto specifica, oltre ai requisiti, le caratteristiche prestazionali, le modalità di accettazione e di controllo dei materiali, anche le prestazioni attese nel tempo e le modalità di verifica della funzionalità complessiva della segnaletica posta in opera.

Il Capitolato è organizzato per descrivere le caratteristiche prestazionali dei prodotti utilizzati per realizzare l'impianto segnaletico, inteso come l'insieme coordinato e coerente delle varie tipologie di segnali (orizzontali, verticali e complementari) che rispondono alla logica del "progetto di segnalamento" che è lo strumento prescritto dalla norma cogente (art. 77, comma 2, del Regolamento di attuazione del NCS) "*indispensabile per organizzare nel modo più congruo e razionale le informazioni utili e necessarie a garantire la sicurezza nella guida*".

Il progetto di segnalamento sarà impostato anche sui dati rilevati dal database del Catasto Stradale di ANAS SpA in cui sono censiti i vari elementi costituenti la segnaletica stradale. I dati del progetto di segnalamento andranno a loro volta ad incrementare il database del Catasto, in un processo di implementazione biunivoca, continua ed integrata, del sistema. Il catasto sarà implementato anche dai dati delle rilevazioni periodiche ad alto rendimento e a carattere puntuale sul-



le caratteristiche prestazionali dei segnali stradali, realizzate dai tecnici del CSS ANAS e dai tecnici degli Uffici Territoriali della Società (*Gestione del sistema segnaletico installato sulla rete stradale e autostradale nazionale gestita da ANAS S.p.A.*).

Il presente Capitolato Speciale di Appalto è suddiviso in tre macro paragrafi, suddivisi a loro volta in paragrafi e sottoparagrafi in funzione dei prodotti e dispositivi prescritti attualmente disponibili sul mercato:

A	- SEGNALETICA ORIZZONTALE
B	- SEGNALETICA VERTICALE
C	- SEGNALETICA COMPLEMENTARE

2 SEGNALETICA ORIZZONTALE

2.1 SEGNALETICA ORIZZONTALE REALIZZATA CON PITTURA A BASE DI RESINA ALCHIDICA O ACRILICA A SOLVENTE ORGANICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- H.01.001 Segnaletica orizzontale di nuovo impianto con vernice rinfrangente a base solvente
- H.01.002 Segnaletica orizzontale di ripasso con vernice rifrangente a base solvente
- H.01.026 Cancellazione di segnaletica orizzontale con impiego di attrezzatura abrasiva

2.1.1 Caratteristiche prestazionali

Tabella 1: Caratteristiche prestazionali* delle pitture a solvente organico

PRESTAZIONI	CONDIZIONI DI MISURA	CLASSI DI PRESTAZIONE	VALORI MINIMI	
Visibilità notturna (RL) per la segnaletica di colore bianco e giallo	In condizioni asciutte	(R3)	≥ 150	mcd lux- 1m-2
	In condizioni asciutte: giallo**	(R5)	≥ 300	
	In condizioni di bagnato	(RW2)	≥ 35	
	In condizioni di pioggia	(RR1)	≥ 25	
Visibilità diurna (Qd)	Segnaletica bianca asciutta	(Q2)	≥ 100	mcd lux- 1m-2
	Segnaletica gialla asciutta	(Q1)	≥ 80	
Resistenza al derapaggio	Segnaletica bagnata	(S1)	≥ 45	SRT



Fattore di luminanza (β)	Segnaletica bianca asciutta	(B4)	$\geq 0,50$	-
	Segnaletica gialla asciutta	(B3)	$\geq 0,40$	
Colore (Coordinate cromatiche)***	x	Sempre all'interno dei box prescritti per ciascun colore		
	y			

* Caratteristiche prestazionali, previste dalla norma UNI EN 1436

** Punto 3.2.3 del Decreto del 10/07/2002 del MIT (S.O. G.U. n. 226/2002): "Per quanto riguarda la segnaletica orizzontale (**temporanea**) occorre riferirsi alla norma UNI EN 1436 **con obbligo di garantire** la classe R5 per le strade di tipo A, B e D e classe R3 o R5 per gli altri tipi di strade".

*** La tabella con le coordinate cromatiche previste dalla UNI EN 1436 e il relativo grafico sono riportati in Appendice, Sottoparagrafo 12.7

2.1.2 Caratteristiche fisico-chimiche

Si tratta di pittura costituite da leganti (resine alchidiche e cloroaccliu - resine acriliche), da solventi (soprattutto toluene, esteri, chetoni e acetati), da cariche, pigmenti e microsfe (per le pitture premiscelate). Le sostanze che evaporano (solventi volatili) variano dal 15% al 30% della vernice, mentre la percentuale dei prodotti non volatili varia dal 70% all'85%. Il tempo di essiccazione si aggira sui 30 minuti. La durata media prevista per la pittura a solvente è di circa 6 mesi, al termine dei quali dovrebbero essere intrapresi nuovamente i lavori per la manutenzione della striscia stessa sul manto stradale ovvero, se necessario, alla rimozione delle tracce residue e alla nuova stesa del prodotto. La pittura da impiegare dovrà essere del tipo rifrangente, cioè contenere sfere di vetro premiscelate durante il processo di fabbricazione (il diametro delle sfere è generalmente, ma non obbligatoriamente, compreso nell'intervallo 63 ÷ 212 micron). In fase di applicazione della pittura, al fine di ottenere le classi di prestazione di RL prescritte nella Tabella n. 1, dovranno essere contemporaneamente postspruzzate microsfe di vetro di granulometria media (granulometrie configurabili nei seguenti intervalli: 125 ÷ 600, 300 ÷ 600 oppure 125 ÷ 850 micron). In merito alle caratteristiche prestazionali delle microsfe di vetro da premiscelare e da postspruzzare, si veda il paragrafo 2.6 del presente Capitolato. Durante l'applicazione delle microsfe di vetro postspruzzate si dovrà limitare l'azione di quegli elementi perturbatori che influiscono sul grado d'affondamento delle microsfe, quali il vento, l'elevata umidità, l'alta temperatura e il periodo intercorrente tra l'applicazione della pittura e la postspruzzatura delle microsfe di vetro. Sarà d'obbligo quindi proteggere dal vento il sistema d'applicazione delle microsfe di vetro in fase di postspruzzatura e ridurre al minimo il periodo intercorrente tra l'applicazione della pittura e l'applicazione delle microsfe di vetro. Inoltre, in fase d'applicazione, bisognerà evitare i sovradosaggi che tendono a ingrignire la striscia segnaletica.

Per la pittura bianca il pigmento inorganico è costituito da biossido di titanio con o senza aggiunta di ossido di zinco. Pur non entrando in merito alla natura delle cariche contenute nel prodotto verniciante, queste dovranno comunque, per qualità forma e dimensioni, contribuire a migliorare



le caratteristiche di resistenza meccanica dello strato di pittura applicata, e in particolare a rendere meno scivolosa la segnaletica orizzontale realizzata, con valori di aderenza che non si discostino da quelli rilevati nella pavimentazione limitrofa (la striscia di pittura dovrà comunque avere un valore SRT ≥ 45 corrispondente al valore minimo di SRT prescritto nella Tabella n. 1 del presente CSA).

Per la pittura gialla il pigmento dovrà essere alternativo al cromato di piombo che, l'Unione Europea ha inserito tra le sostanze vietate e soggette a preventiva autorizzazione. La classificazione del cromato di piombo è rilevabile nel Regolamento dell'Unione Europea del 14 febbraio 2012, n. 125/2012 (Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea del 15 febbraio 2012 n. L41).

La pittura non dovrà scolorire sotto l'azione dei raggi UV. Il solvente o le miscele di solventi utilizzati, dovranno facilitare la formazione di una striscia omogenea e priva di difetti (la pittura dovrà aderire tenacemente alla superficie stradale); inoltre dovranno evaporare rapidamente senza attaccare il sottostante legante bituminoso. La pittura dovrà essere omogenea, ben macinata e di consistenza liscia e uniforme, non dovrà fare crosta né diventare gelatinosa od inspessirsi; dovrà consentire la miscelazione nel recipiente contenitore senza difficoltà, mediante l'uso di una spatola. La pittura non dovrà assorbire grassi, oli e la sua composizione chimica dovrà essere comunque idonea a resistere all'affioramento del legante bituminoso.

2.1.3 Prove di laboratorio

Le caratteristiche fisico-chimiche delle pitture a solvente organico sono riportate nella successiva Tabella n. 2. Le prove elencate sono quelle usualmente applicate per caratterizzare le pitture spartitraffico realizzate dai produttori per ANAS SpA. In assenza di norme armonizzate di riferimento per le pitture a solvente - la nuova FprEN 1871 è una pre-norma armonizzata ancora in fase di approvazione da parte del CEN che include la procedura di certificazione dei prodotti segnaletici e l'apposizione del marchio "CE" - i parametri richiesti sono vincolanti per la fornitura dei prodotti per la segnaletica orizzontale.

Tabella 2: Caratteristiche fisico-chimiche delle pitture a solvente organico

PROVA	VALORE RICHIESTO	UNITA' DI MISURA/TOLLERANZA/ METODO DI VALUTAZIONE	NORMA
Potere coprente (rapporto di contrasto)	98%	Rb/Rw	UNI ISO 3905 UNI EN ISO 2814
Resa superficiale	$\geq 1,2 \pm \leq 1,5$	m ² /kg	
Densità (Massa volumica)	$\geq 1,7$	kg/l ($\pm 0,1$ kg/l)	ASTM D 1475
Aggiunta di diluente	≤ 4	% in peso	-
Tempo di essiccamento	≤ 30	Minuti primi	ASTM D 711



Viscosità	$\geq 70 + \leq 90$	Unità Krebs (± 5 UK)	ASTM D 562
Contenuto di materie non volatili	$\geq 70 + \leq 85$	% in peso	ASTM D 1644
Contenuto di pigmenti e cariche	$\geq 35 + \leq 45$	% in peso	FTMS 141a-4021.1
Contenuto di biossido di titanio in pitture di colore bianco	≥ 14	% in peso	ASTM D 1394-76
Resistenza agli agenti chimici *	Nessuna alterazione	Valutazione visiva	ASTM D 543
Resistenza all'abrasione**	Il segnale deve essere ancora visibile al termine della prova	Valutazione visiva e perdita % in peso	UNI 10559
Resistenza ai raggi UVB	Nessuna alterazione	Valutazione visiva e misura, prima e dopo la prova di esposizione, delle Coordinate cromatiche e del Fattore di luminanza	UNI EN 1871 4.1.4.3

* Lubrificanti, carburanti, cloruro di calcio, cloruro di sodio La prova consiste nel lasciar stagionare per 7 giorni 6 provini metallici su cui è stato steso un film di pittura di 250 μm ed infine sottoporli a 2 immersioni di 30' ciascuna al termine delle quali non si deve rilevare visivamente alcuna alterazione.

** Sottoparagrafo 12.11 – Prove sulle pitture a solvente.

2.1.4 Sostanze pericolose

Le sostanze, siano esse liquide, gassose o solide, sono considerate pericolose quando costituiscono un rischio per la salute o la sicurezza dei lavoratori e sono causa di inquinamento ambientale.

Sono considerate sostanze pericolose i solventi presenti nelle pitture alchidiche e acriliche, soprattutto toluolo e xilolo, i solventi aromatici, esteri e acetati. I solventi sono utilizzati in miscela tra loro ed evaporano più o meno velocemente una volta stesa la pittura, invero non se ne trova traccia nel film asciutto

La Direzione Generale della Commissione Europea per l'Ambiente, consiglia una progressiva riduzione dei componenti organici volatili (VOC - Volatiles Organic Compound) presenti nelle pitture a solvente non acquoso, per i loro effetti sull'ambiente. In merito ai pigmenti cancerogeni, si è sopra accennato al divieto d'uso del cromato di piombo nelle pitture per segnaletica stradale temporanea. Il [Regolamento n. 125/2012 del 14 febbraio 2012](#) (G.U. dell'Unione Europea L41 del 15/02/2012) che modifica l'allegato XIV del REACH (Registration, Evaluation, Authorisation



of Chemicals"), ha inserito il **cromato di piombo** tra le sostanze cancerogene e quindi tale pigmento non deve essere utilizzato nei prodotti segnaletici forniti ad ANAS SpA.

In sede di fornitura dei contenitori di pittura alchidica o acrilica a solvente organico, l'appaltatore deve fornire alla DL tutti i documenti più specificamente indicati nel paragrafo 5 del presente CSA.

Inoltre, la ditta fornitrice si impegna a rispettare tutte le norme vigenti in materia di classificazione, imballaggio ed etichettatura per l'utilizzo di preparati pericolosi (vernice e diluente). Le pitture saranno confezionate in fustini nuovi (di tipo omologato nel pieno rispetto della normativa ADR) con coperchio ad apertura completa e del peso massimo di kg 30. Lo smaltimento dei contenitori vuoti dei prodotti utilizzati nell'ambito dei lavori di segnaletica stradale, così come lo smaltimento dei residui prodotti dalla pulizia delle macchine traccialinee e di tutte le attrezzature di supporto, sarà a cura e a spese dell'esecutore del lavoro (l'appaltatore). I residui dei prodotti utilizzati per realizzare la segnaletica orizzontale, sono da considerare rifiuti speciali pericolosi quando il prodotto è classificato pericoloso ai sensi delle disposizioni di cui alle direttive 67/548/CEE e 1999/45/CE e/o del Regolamento (CE) 1272/2008 (CLP) e successive m.e i.. Il prodotto in tale caso dovrà essere dotato di una scheda dati di sicurezza conforme alle disposizioni del Regolamento (CE) 1907/2006 e successive modifiche. La pericolosità dei rifiuti deve essere dichiarata dal fabbricante in base alle disposizioni legislative vigenti. Dello specifico prodotto dovrà essere fornita la scheda di sicurezza in occasione della fornitura a piè d'opera. Lo smaltimento dei residui deve essere affidato ad una società autorizzata alla gestione di tale tipologia di rifiuti, nel rispetto della normativa nazionale e di quella eventualmente disposta a livello locale. Come prescritto (art. 96, comma 1, lettera f, del D.Lgs. 81/2008), le imprese appaltatrici, esecutrici o affidatarie, curano le condizioni di rimozione dei materiali pericolosi, previo, se del caso, coordinamento con il Responsabile Unico del Procedimento. Della conformità alle norme in vigore e della regolarità delle procedure di smaltimento, l'appaltatore dovrà darne evidenza documentale all'Ente Appaltante (v. sottoparagrafo 5.5 del presente CSA).

In merito ad eventuali responsabilità, come è noto, il fabbricante il prodotto non si assume responsabilità per l'uso improprio della pittura da parte dell'applicatore. L'applicatore deve assicurarsi della idoneità e completezza delle informazioni contenute nella scheda di sicurezza in relazione allo specifico uso del prodotto. **Poiché l'uso del prodotto non cade sotto il diretto controllo del fabbricante, è obbligo dell'utilizzatore osservare le leggi e le disposizioni vigenti in materia di igiene e sicurezza.**

2.2 SEGNALETICA ORIZZONTALE REALIZZATA CON PITTURE A BASE DI RESINA ACRILICA A SOLVENTE ACQUOSO



Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **H.01.003** Segnaletica orizzontale di nuovo impianto con vernice rifrangente a base acqua
- **H.01.004** Segnaletica orizzontale di ripasso con vernice rifrangente a base acqua
- **H.01.026** Cancellazione di segnaletica orizzontale con impiego di attrezzatura abrasiva.

2.2.1 Caratteristiche prestazionali

Tabella 3: Caratteristiche prestazionali* delle pitture acriliche in emulsione acquosa

PRESTAZIONI	CONDIZIONI DI MISURA	CLASSI DI PRESTAZIONE	VALORI MINIMI	
Visibilit� nocturna (R_L) per la segnaletica di colore bianco e giallo	In condizioni asciutte	(R3)	≥ 150	$\text{mcd lux}^{-1}\text{m}^{-2}$
	In condizioni asciutte: giallo**	(R5)	≥ 300	
	In condizioni di bagnato	(RW2)	≥ 35	
	In condizioni di pioggia	(RR1)	≥ 25	
Visibilit� diurna (Q_d)	Segnaletica bianca asciutta	(Q3)	≥ 130	$\text{mcd lux}^{-1}\text{m}^{-2}$
	Segnaletica gialla asciutta	(Q2)	≥ 100	
Resistenza al derapaggio	Segnaletica bagnata	(S1)	≥ 45	SRT
Fattore di luminanza (β)	Segnaletica bianca asciutta	(B4)	$\geq 0,50$	-
	Segnaletica gialla asciutta	(B3)	$\geq 0,40$	
Colore (Coordinate cromatiche)***	x	Sempre all'interno dei box prescritti per ciascun colore		
	y			

* Caratteristiche prestazionali, previste dalla norma UNI EN 1436

** Punto 3.2.3 del Decreto del 10/07/2002 del MIT (S.O. G.U. n. 226/2002): "Per quanto riguarda la segnaletica orizzontale (**temporanea**) occorre riferirsi alla norma UNI EN 1436 con **obbligo di garantire** la classe R5 per le strade di tipo A, B e D e classe R3 o R5 per gli altri tipi di strade"

*** La tabella con le coordinate cromatiche previste dalla UNI EN 1436 e il relativo grafico sono riportati in Appendice, Sottoparagrafo 12.7

2.2.2 Caratteristiche fisico-chimiche

Questa pittura si distingue da quella a solvente per l'assenza di sostanze pericolose, infatti non contiene alcun solvente, ma resine acriliche in emulsione acquosa. In tal modo l'utilizzo di questo tipo di pittura riduce i problemi di smaltimento dei rifiuti. L'assenza di solventi risolve anche i problemi di sicurezza legati all'inflammabilit . Il tempo medio di essiccazione del prodotto raggiunge



i 30 minuti. Pitture all'acqua di recente produzione hanno tempi di essiccamento inferiori. Tuttavia la formazione del film di pittura non sempre è così veloce, infatti se si considerano le operazioni di applicazione in condizioni estreme, cioè in giornate umide e fredde, le pitture in emulsione acquosa, una volta stese, incontrano forti difficoltà ad allontanare l'acqua ed a favorire l'adesione tra le particelle costituenti la fase dispersa (coalescenza). Di conseguenza, in fase di stesa si deve tenere conto delle condizioni atmosferiche. I parametri più importanti (fattori di disturbo per la perfetta riuscita dell'impianto segnaletico), da prendere in considerazione (e quindi da evitare) durante la stesa in quanto influenzeranno il tempo di essiccazione del prodotto, sono i seguenti:

bassa temperatura dell'aria;

bassa temperatura del terreno;

elevata umidità relativa;

punto di rugiada;

presenza di pioggia.

Tali fattori di disturbo sono compensati dai vantaggi che il prodotto segnaletico offre, come i minori rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori e dell'ambiente; l'assenza di solvente organico rispetto alle pitture tradizionali; le riconosciute prestazioni su strada conformi alle prescrizioni della norma europea di riferimento; la durabilità del prodotto; l'applicabilità su superfici stradali in varie condizioni di usura; l'applicabilità sulla vecchia segnaletica previa accurata pulizia delle superficie.

La pittura acrilica ad emulsione acquosa non deve essere applicata con temperatura dell'aria maggiore di 40 °C o inferiore a 10 °C. Qualche giorno prima della stesa è comunque opportuno pulire il tracciato (alcuni produttori consigliano la pulizia con getti d'acqua) e, contemporaneamente alla stesa, utilizzare un soffiante per aria prima della pistola erogatrice del prodotto per eliminare la polvere residua e gli eventuali aggregati. La qualità e la pulizia del substrato influenzeranno l'adesione del prodotto. La pittura da impiegare dovrà essere del tipo rifrangente con le sfere di vetro postspruzzate durante le operazioni di stesa. In fase di applicazione della pittura, al fine di ottenere le classi di prestazione di RL prescritte nella Tabella n. 3, dovranno essere contemporaneamente postspruzzate le microsfele di vetro di granulometria media (*granulometrie configurabili nei seguenti intervalli: 125 ÷ 600, 300 ÷ 600 oppure 125 ÷ 850 micron*). Le microsfele di vetro dovranno essere trattate in superficie in quanto destinate ad essere applicate nei prodotti segnaletici a base di acqua. Il trattamento suggerito è un doppio rivestimento sia per l'adesione sia per la flottazione. Per uno spessore medio (ca. 350 micron) della segnaletica orizzontale di tipo 1* do-



vranno essere diffuse sul prodotto circa 350 g/m^2 di microsfere di vetro appartenenti ad una delle granulometrie sopra indicate.

* La norma UNI EN 1436, al punto 3.7, definisce la segnaletica orizzontale di tipo I e la segnaletica di tipo II. La segnaletica di tipo II è un tipo di segnaletica che presenta notevoli valori di R_L in condizioni di strada bagnata o di pioggia, caratteristiche non necessariamente riscontrabili nella segnaletica di tipo I.

In merito alle caratteristiche prestazionali delle microsfere di vetro da premiscelare e da post-spruzzare, si veda il paragrafo 2.6 del presente Capitolato.

Le microsfere di vetro postspruzzate svolgono una efficiente funzione di guida agli autoveicoli nelle ore notturne, sotto l'azione della luce dei fari. Le microsfere di vetro si attivano dopo l'essiccamento e dopo l'esposizione dello strato superficiale all'usura del traffico.

Per la **pittura bianca** il pigmento inorganico dovrà garantire la colorazione secondo le caratteristiche colorimetriche indicate nella UNI EN 1436. Per quanto concerne le cariche contenute nel prodotto verniciante, queste dovranno, per qualità, forma e dimensioni, contribuire a migliorare le caratteristiche di resistenza meccanica dello strato di pittura applicata, e in particolare a renderla meno scivolosa, con valori di aderenza (SRT) che non si discostino da quelli rilevati nella pavimentazione limitrofa (la striscia di pittura dovrà comunque avere un valore $SRT \geq 45$ corrispondente al valore minimo di SRT indicato per i prodotti per la segnaletica orizzontale a base di emulsione acquosa).

La **pittura bianca** non dovrà scolorire sotto l'azione dei raggi UV. L'emulsione acquosa, dovrà facilitare la formazione di una striscia longitudinale omogenea e priva di difetti (la pittura dovrà aderire tenacemente alla superficie stradale), inoltre dovrà evaporare rapidamente senza attaccare il sottostante legante bituminoso. La pittura dovrà essere omogenea, ben macinata e di consistenza uniforme, non dovrà fare crosta né diventare gelatinosa od ispessirsi; dovrà consentire la miscelazione nel recipiente contenitore senza difficoltà, mediante l'uso di una spatola. La pittura non dovrà assorbire grassi, oli ed altre sostanze tali da causare la formazione di macchie e la sua composizione chimica dovrà essere tale che, applicata sulla pavimentazione stradale, anche nei mesi estivi, non presenti tracce di inquinamento da sostanze bituminose, e non dovrà permettere l'affioramento del legante bituminoso.



Per la **pittura bianca**, il pigmento inorganico è costituito da biossido di titanio con o senza aggiunta di ossido di zinco. Pur non entrando in merito alla natura delle cariche contenute nel prodotto verniciante, queste dovranno comunque, per qualità forma e dimensioni, contribuire a migliorare le caratteristiche di resistenza meccanica dello strato di pittura applicata, e in particolare a rendere meno scivolosa la segnaletica orizzontale realizzata, con valori di aderenza che non si discostino da quelli rilevati nella pavimentazione limitrofa.

Per la **pittura gialla**, il pigmento è costituito da un pigmento alternativo al cromato di piombo che, recentemente, l'Unione Europea ha inserito tra le sostanze vietate e soggette a preventiva autorizzazione. La classificazione del cromato di piombo è rilevabile nel Regolamento dell'Unione Europea del 14 febbraio 2012, n. 125/2012 (Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea del 15 febbraio 2012 n. L41.). Anche la pittura gialla dovrà essere omogenea, ben macinata e di consistenza liscia e uniforme, non dovrà fare crosta né diventare gelatinosa od inspessirsi; dovrà consentire la miscelazione nel recipiente contenitore senza difficoltà, mediante l'uso di una spatola. La pittura non dovrà assorbire grassi, oli e la sua composizione chimica dovrà essere comunque idonea a resistere all'affioramento del legante bituminoso.

2.2.3 Prove di laboratorio

Le caratteristiche fisico-chimiche dei materiali utilizzati nelle pitture a solvente acquoso sono riportate nella successiva Tabella n. 4. Le prove elencate sono quelle usualmente applicate per caratterizzare le pitture spartitraffico realizzate dai produttori per ANAS SpA. In assenza di norme armonizzate di riferimento per le pitture in solvente acquoso - la nuova FprEN 1871 è una pre-norma armonizzata ancora in fase di approvazione - i parametri richiesti sono vincolanti per la fornitura dei prodotti per la segnaletica orizzontale.

Tabella 4: Caratteristiche fisico-chimiche delle pitture acriliche a solvente acquoso

PROVA	VALORE RICHIESTO	UNITA' DI MISURA/TOLLERANZA/ METODO DI VALUTAZIONE	NORMA
Potere coprente (rapporto di contrasto)	> 95% (bianca) > 90% (gialla)	Rb/Rw	UNI ISO 3905 ISO 2814
Resa superficiale	$\geq 1,0 \div \leq 2,0$	m ² /kg	
Densità	$\geq 1,7$	kg/l ($\pm 0,1$ kg/l)	ASTM D 1475
Aggiunta di diluente	≤ 3	% in peso	-
Tempo di essiccamento (15+40 °C - UR \leq 70%)	≤ 30	Minuti primi	ASTM D 711
Viscosità	$\geq 75 \div \leq 95$	Unità Krebs (± 3 UK)	ASTM D 562



Contenuto di materie non volatili	$\geq 70 \pm \leq 85$	% in peso	ASTM D 1644
Contenuto di pigmenti e cariche	$\geq 35 \pm \leq 45$	% in peso	FTMS 141a-4021.1
Contenuto di biossido di titanio in pitture di colore bianco	≥ 14	% in peso	ASTM D 1394-76
Resistenza agli agenti chimici*	Nessuna alterazione	Valutazione visiva	ASTM D 543
Resistenza all'abrasione**	Segnale ancora visibile al termine della prova	Valutazione visiva e perdita % in peso	UNI 10559
Resistenza alla luce	Nessuna alterazione	Valutazione visiva e misura, prima e dopo la prova di esposizione, delle Coordinate cromatiche e del Fattore di luminanza	UNI EN 1871 4.1.4.3

* Lubrificanti, carburanti, cloruro di calcio, cloruro di sodio, La prova consiste nel lasciar stagionare per 7 giorni 6 provini metallici su cui è stato steso un film di pittura di 250 μm ed infine sottoporli a 2 immersioni di 30' ciascuna al termine delle quali non si deve rilevare visivamente alcuna alterazione.

** Sottoparagrafo 12.11 – Prove sulle pitture a solvente.

2.3 SEGNALETICA ORIZZONTALE REALIZZATA CON PITTURE A BASE DI MATERIALE TERMOPLASTICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **H.01.014** Segnaletica orizzontale in termocolato plastico su tappeto normale.
- **H.01.015** Segnaletica orizzontale in termocolato plastico su tappeto drenante
- **H.01.016** Segnaletica orizzontale in termocolato plastico tipo "sonoro"
- **H.01.017** Segnaletica orizzontale di nuovo impianto in termo spruzzato plastico su tappeto normale
- **H.01.018** Segnaletica orizzontale di nuovo impianto in termo spruzzato plastico su tappeto drenante
- **H.01.019** Segnaletica orizzontale di ripasso in termo spruzzato plastico
- **H.01.026** Cancellazione di segnaletica orizzontale con impiego di attrezzatura abrasiva

2.3.1 Caratteristiche prestazionali



Tabella 5: Caratteristiche prestazionali* della segnaletica orizzontale realizzata in materiale termoplastico

PRESTAZIONI	CONDIZIONI DI MISURA	CLASSI DI PRE- STAZIONE	VALORI MINIMI	
Visibilità notturna (R_L) per la segnaletica di colore bianco e giallo	In condizioni asciutte	(R3)	≥ 150	$\text{mcd lux}^{-1}\text{m}^{-2}$
	In condizioni asciutte: giallo**	(R5)	≥ 300	
	In condizioni di bagnato	(RW3)	≥ 50	
	In condizioni di pioggia	(RR2)	≥ 35	
Visibilità diurna (Q_d)	Segnaletica bianca asciutta	(Q3)	≥ 130	$\text{mcd lux}^{-1}\text{m}^{-2}$
	Segnaletica gialla asciutta	(Q3)	≥ 100	
Resistenza al derapaggio***	Segnaletica bagnata	(S2)	≥ 50	SRT
Fattore di luminanza (β)	Segnaletica bianca asciutta	(B5)	$\geq 0,60$	-
	Segnaletica gialla asciutta	(B3)	$\geq 0,40$	
Colore (Coordinate cromatiche)****	x	Sempre all'interno dei box prescritti per ciascun colore		
	y			

* Caratteristiche prestazionali, previste dalla norma UNI EN 1436

** Punto 3.2.3 del Decreto del 10/07/2002 del MIT (S.O. G.U. n. 226/2002): "Per quanto riguarda la segnaletica orizzontale (**temporanea**) occorre riferirsi alla norma UNI EN 1436 **con obbligo di garantire** la classe R5 per le strade di tipo A, B e D e classe R3 o R5 per gli altri tipi di strade"

*** Caratteristica valida esclusivamente per i prodotti di segnaletica orizzontale non profilata. (La segnaletica profilata è una striscia segnaletica intervallata da rilievi regolari di materiale plastico avente configurazioni geometriche varie: rilievo lineare trasversale, rilievo oblungo trasversale, rilievi a grumi, rilievi a "gocce", rilievi reticolati, ecc. che può presentare, oltre ai requisiti di visibilità notturna e diurna, la caratteristica di far vibrare l'autoveicolo che ne percorre il profilo).

**** La tabella con le coordinate cromatiche previste dalla UNI EN 1436 e il relativo grafico sono riportati in Appendice, Sottoparagrafo 12.7

2.3.2 Caratteristiche fisico-chimiche

Lo spruzzato termoplastico è costituito da una miscela di aggregati di colore chiaro, microsfere di vetro, pigmenti coloranti e sostanze inerti, legate insieme con resine sintetiche termoplastiche, plastificate con olio minerale. La proporzione dei vari ingredienti è tale che il prodotto finale, quando viene liquefatto, può essere spruzzato facilmente sulla superficie stradale realizzando una striscia uniforme di buona nitidezza.

Gli aggregati sono costituiti da sabbia bianca silicea, calcite frantumata, silice calcinata, quarzo ed altri aggregati chiari ritenuti idonei.



Le microsfeře di vetro premiscelate devono avere buona trasparenza, per almeno l'80%, ed essere regolari (sferiche) e prive di incrinature; il loro diametro pu0 essere compreso tra mm 0,2 e mm 0,8.

In merito alle caratteristiche prestazionali delle microsfeře di vetro da premiscelare e da post-spruzzare, si veda il paragrafo 2.6 del presente Capitolato.

Il legante, costituito da resine sintetiche da idrocarburi, plastificate con olio minerale. Le resine impiegate dovranno essere di colore chiaro e non devono scurirsi eccessivamente se riscaldate per 16 ore alla temperatura di 150 gradi °C.

Lo spessore della pellicola di spruzzato termoplastico deve essere di norma non inferiore a mm 1,50 accertabile con sistema di analisi di immagine o sistemi equivalenti.

Taluni prodotti termoplastici fanno presa pi0 facilmente sulla pavimentazione in conglomerato bituminoso se questa non si presenta ossidata. I produttori consigliano, nel caso di vecchie pavimentazioni con lo strato esposto all'azione del clima e prima di effettuare l'applicazione del prodotto, di fresare superficialmente il tappeto d'usura per esporre gli strati non ossidati in modo da consentire un legame pi0 solido tra i componenti del prodotto segnaletico e i componenti costituenti lo strato d'usura della pavimentazione stradale.

Uno dei principali fattori che contribuiscono all'irregolarit0 nelle prestazioni del materiale termoplastico 0 la carenza di controllo della temperatura durante la fase di applicazione del prodotto. Le variazioni delle temperature dell'aria e della pavimentazione sono probabilmente uno degli aspetti pi0 importanti quando si utilizzano i materiali termoplastici per realizzare la segnaletica orizzontale. Il materiale termoplastico 0 progettato per essere facilmente reso fluido e riformato. Per assicurarsi una corretta applicazione del prodotto, le temperature richieste devono essere strettamente controllate. Inoltre, la formulazione del materiale deve essere rigorosa per garantire che il materiale risponda correttamente alle temperature predeterminate per la sua applicazione. Le temperature troppo alte possono bruciare il materiale durante il processo di rammollimento. Temperature troppo basse possono causare un rammollimento non conforme del materiale, determinando un'adesione inadeguata con il substrato in conglomerato bituminoso. Inoltre, anche lo spessore di stesa deve essere verificato con una certa frequenza per assicurare una buona adesione, infatti se la striscia applicata non 0 abbastanza spessa, il materiale sulla pavimentazione non tratterr0 il calore abbastanza a lungo perch0 si verifichi il processo di penetrazione nel substrato e il prodotto vi aderisca saldamente. Le temperature troppo alte oppure eccessivamente basse della pavimentazione e dell'aria, influenzeranno le caratteristiche di trasferimento del calore e percio condizioneranno negativamente l'adesione.

In fase di applicazione del prodotto, se l'umidit0 relativa 0 $\geq 70\%$ e/o la superficie stradale si presenta umida, la DL pu0 disporre che l'applicazione della segnaletica sia preceduta da una fase di



asciugatura della pavimentazione al fine di garantire l'adesione del prodotto al substrato. I dosaggi usualmente consigliati (*per una durata media stimata del prodotto di ca. 18 ÷ 24 mesi*), in funzione della tipologia di pavimentazione (intensità del traffico, % veicoli pesanti, condizioni ambientali, ecc.), sono riassunti nella seguente tabella:

Tabella 6: Dosaggio della segnaletica in funzione della tipologia di pavimentazione e di intervento

TIPOLOGIA PAVIMENTAZIONE	TIPOLOGIA INTERVENTO	DOSAGGIO
Tappeto normale	Stesa su pavimentazione nuova	2,0 kg/m ²
	Interventi di ripasso	1,8 kg/m ²
Tappeto drenante *	Stesa su pavimentazione nuova	3,0 kg/m ²
	Interventi di ripasso	1,8 kg/m ²
Tutte le tipologie	Tutte le tipologie di intervento finalizzate alla stesa di segnaletica termocolata profilata (rumorosa)	4,0 kg/m ²

* Nel caso di pavimentazione stradale in conglomerato bituminoso drenante è obbligatorio effettuare un ripasso della segnaletica entro 6 mesi dalla stesa.

Durante l'applicazione sarà cura dell'Impresa esecutrice, su disposizione della DL, di prelevare campioni di striscia segnaletica stesa su supporti metallici, usualmente 3 lamierini d'acciaio delle dimensioni di 30 x 50 cm, e dello spessore di 0,5 mm. Su tali campioni sarà verificato in laboratorio lo spessore medio e il dosaggio, oltre che gli altri parametri prestazionali.

La pittura termocolata o termospruzzata deve essere applicata sulla superficie stradale in condizioni termoigrometriche controllate, in particolare la temperatura dell'aria deve essere compresa tra + 10 °C e + 40 °C e l'umidità relativa non deve essere superiore al 70%. In tali condizioni climatiche, il prodotto termospruzzato deve solidificarsi entro 30 ÷ 40 secondi, mentre il prodotto termocolato o estruso deve solidificarsi in 3 ÷ 4 minuti dalla stesa. Trascorso tale periodo di tempo dall'applicazione deve essere garantita l'immediata transitabilità della strada e il prodotto applicato non deve sporcarsi o scolorire sotto l'azione delle ruote gommate degli autoveicoli in transito.

La percentuale in peso delle microsfere di vetro rispetto allo spruzzato termoplastico non deve essere inferiore al 20%. In fase di stesura dello spruzzato termoplastico, dovrà essere effettuata una operazione supplementare di postspruzzatura di microsfere di vetro sulla superficie della striscia ancora calda, in ragione di circa 350 g/m².



2.3.3 Prove di laboratorio

Escluse le prime due prove in elenco, le prove elencate nella Tabella n. 7 sono quelle indicate dalla norma UNI EN 1871 per la caratterizzazione dei prodotti termoplastici.

Tali prove sono state riproposte nella pre-norma aggiornata (FprEN 1871) in fase di approvazione da parte del CEN. I prodotti termoplastici, in base alle indicazioni della bozza finale della norma, saranno oggetto di marcatura "CE".

Tabella 7: Caratteristiche fisiche dei prodotti termoplastici per segnaletica orizzontale

PROVA	VALORE/REQUISITO RICHIESTO	UNITA' DI MISURA TOLLERANZA/METODO	NORMA
Densità	≥ 1,9	kg/l (± 0,1 kg/l)	UNI EN ISO 2811-2
Temperatura di fusione	≥ 180	°C	-
Resistenza agli alcali*	Assenza di fuoriuscita di pigmento dai provini. Assenza di irruvidimento della superficie esposta.	Azione sui provini di una soluzione al 10% di idrossido di sodio per 48 ore	UNI EN 1871 Appendice D
Punto di rammollimento	≥ 90	°C	UNI EN 1871 Appendice F
Invecchiamento ai raggi UVB	$\Delta\beta \leq 0,05$	Invecchiamento ai raggi UVB (168 ore per complessivi 14 cicli da 8h di irradiazione + 4h di condensazione)*	UNI EN 1871 4.1.4.3
Stabilità termica	6	h (alla temperatura di applicazione)	UNI EN 1871 Appendice G
Resistenza all'impatto a freddo	Assenza di fratture e fessurazioni	Sfera di acciaio da 66,8 g che cade sul provino da 2 m di altezza alle temperature di 0 °C e -10 °C	UNI EN 1871 Appendice H
Valore di impronta	≤ 50 s	(± 5 s)	UNI EN 1871 Appendice J
Resistenza all'usura**	2,5 cm ³	(± 0,1 cm ³)	UNI EN 1871 Appendice K

* La prova verifica l'applicabilità di un prodotto segnaletico termoplastico su substrati reattivi a base alcalina, come le pavimentazioni stradali il cui legante sia cemento idraulico.

** La prova è usualmente utilizzata per i prodotti termoplastici applicati in strade in cui le condizioni climatiche sono particolarmente rigide, con frequenti innevamenti e basse temperature. La prova simula l'abrasione causata dai pneumatici chiodati con in un apparecchio "Tröger" su un



campione di prodotto termoplastico applicato ad un provino Marshall alla temperatura di -10 °C.

In particolare, le caratteristiche fisico chimiche del prodotto termoplastico sono le seguenti:

- a) Punto di infiammabilità: superiore a 230 gradi °C;
- b) Punto di rammollimento o di rinvenimento: superiore a 90 gradi °C;
- c) Resistenza alle escursioni termiche: dalle temperature -20 °C a $+80$ °C;
- d) Resistenza alla corrosione: il materiale deve rimanere inalterato se viene immerso in una soluzione di cloruro di calcio, a forte concentrazione, per un periodo di 4 settimane.

2.4 SEGNALETICA ORIZZONTALE REALIZZATA CON PRODOTTI PLASTICI A FREDDO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **H.01.005** Segnaletica orizzontale con impiego di colato plastico con applicazione a "goccia" per fondi bitumati normali
- **H.01.006** Segnaletica orizzontale con impiego di colato plastico con applicazione a "goccia" per fondi bitumati drenanti
- **H.01.007** Segnaletica orizzontale con impiego di colato plastico con applicazione a "profilo variabile" per fondi bitumati normali
- **H.01.008** Segnaletica orizzontale con impiego di colato plastico con applicazione a "profilo variabile" per fondi bitumati drenanti
- **H.01.009** Segnaletica orizzontale con impiego di colato plastico con applicazione a "profilo liscio" per fondi bitumati normali
- **H.01.010** Segnaletica orizzontale con impiego di colato plastico con applicazione a "profilo liscio" per fondi bitumati drenanti
- **H.01.011** Segnaletica orizzontale con impiego di colato plastico con applicazione manuale

2.4.1 Caratteristiche prestazionali

Tabella 8: Caratteristiche prestazionali* della segnaletica in materiale plastico a freddo

PRESTAZIONI	CONDIZIONI DI MISURA	CLASSI DI PRESTAZIONE	VALORI MINIMI	
Visibilità notturna (R_L) per la segnaletica di colore bianco e giallo	In condizioni asciutte	(R3)	≥ 150	$\text{mcd lux}^{-1}\text{m}^{-2}$
	In condizioni asciutte: giallo**	(R5)	≥ 300	



	In condizioni di bagnato	(RW3)	≥ 50	
	In condizioni di pioggia	(RR2)	≥ 35	
Visibilit� diurna (Q_d)	Segnaletica bianca asciutta	(Q3)	≥ 130	$\text{mcd lux}^{-1}\text{m}^{-2}$
	Segnaletica gialla asciutta	(Q2)	≥ 100	
Resistenza al derapaggio***	Segnaletica bagnata	(S2)	≥ 50	SRT
Fattore di luminanza (β)	Segnaletica bianca asciutta	(B5)	$\geq 0,60$	-
	Segnaletica gialla asciutta	(B3)	$\geq 0,40$	
Colore (Coordinate cromatiche)****	x	Sempre all'interno dei box prescritti per ciascun colore		
	y			

* Caratteristiche prestazionali, previste dalla norma UNI EN 1436

** Punto 3.2.3 del Decreto del 10/07/2002 del MIT (S.O. G.U. n. 226/2002): "Per quanto riguarda la segnaletica orizzontale (temporanea) occorre riferirsi alla norma UNI EN 1436 **con obbligo di garantire** la classe R5 per le strade di tipo A, B e D e classe R3 o R5 per gli altri tipi di strade"

*** Caratteristica valida esclusivamente per i prodotti di segnaletica orizzontale non profilata. (La segnaletica profilata   una striscia segnaletica intervallata da rilievi regolari di materiale plastico avente configurazioni geometriche varie: rilievo lineare trasversale, rilievo oblungo trasversale, rilievi a grumi, rilievi a "gocce", rilievi reticolati, ecc. che pu  presentare, oltre ai requisiti di visibilit  notturna e diurna, la caratteristica di far vibrare l'autoveicolo che ne percorre il profilo).

**** La tabella con le coordinate cromatiche previste dalla UNI EN 1436 e il relativo grafico sono riportati in Appendice, Sottoparagrafo 12.7

2.4.2 Caratteristiche fisico-chimiche

Questo prodotto   costituita da due tipi di componenti:

- il primo componente ha al suo interno una miscela di cariche minerali (calcari, dolomite e quarzite) che forniscono resistenza al materiale, un legante (costituito da resine acriliche), dei pigmenti (che hanno la funzione di dare colore al prodotto) e delle microsfele di vetro che, immerse al 60% del loro diametro nel materiale, consentono la retroriflessione in condizioni di guida notturna;
- il secondo componente   un attivatore (catalizzatore) costituito da perossidi organici che hanno la funzione di solidificare il materiale

E' un prodotto al cui interno sono presenti componenti liquidi-monomeri che catalizzano al momento dell'utilizzo. Quando il prodotto   catalizzato diventa un prodotto **non pericoloso**.

Inoltre, la perdita di sostanze volatili   dell'ordine dell'1%. Il tempo di essiccazione del bicomponente   di 20 minuti. La sua durata, dopo l'applicazione,   mediamente pari a 3 anni.



Mediamente lo spessore è pari a 2 ÷ 3 mm. Uno spessore maggiore potrebbe causare il distacco del prodotto dal suolo con il diminuire delle temperature.

Può essere applicato in diversi modi:

- a spatola.
- a rullo, che facilita l'applicazione garantendo una resa di 120 ÷ 150 metri lineari al giorno con 2.5 ÷ 3 Kg di prodotto al m².
- con delle macchine che, per colata, riescono a garantire la posa di circa 500 m² di prodotto al giorno.

Questo prodotto deve essere applicato da **personale specializzato**, al fine di evitare problemi di "erronea" applicazione.

Il prodotto da impiegare potrà contenere sfere di vetro premiscelate durante il processo di fabbricazione o subire il processo di postspruzzatura durante l'applicazione, cosicché dopo l'essiccamento e successiva esposizione delle sfere di vetro, dovuta all'usura dello strato superficiale della pittura stesa sulla pavimentazione stradale, queste svolgano, nelle ore notturne, una efficiente funzione di guida agli autoveicoli, in virtù del fenomeno fisico della retroriflessione della luce dei fari.

In merito alle caratteristiche prestazionali delle microsfele di vetro da premiscelare e da postspruzzare, si veda il paragrafo 6.2.6 del presente Capitolato.

Per il prodotto bicomponente a freddo bianco, il pigmento inorganico – biossido di titanio - dovrà garantire la colorazione secondo le caratteristiche colorimetriche indicate dalla UNI EN 1436. Per quanto concerne le cariche contenute nel prodotto, queste dovranno, per qualità, forma e dimensioni, contribuire a migliorare le caratteristiche di resistenza meccanica dello strato di pittura applicata, e in particolare a renderla meno scivolosa, con valori di aderenza che non si discostino da quelli rilevati nella pavimentazione limitrofa (la striscia di prodotto plastico a freddo dovrà comunque avere un valore SRT \geq 50 corrispondente al valore minimo di SRT indicato per tale tipologia di prodotti dal presente CSA). Per il prodotto bicomponente giallo, il colore sarà originato da una sostanza alternativa al cromato di piombo. Il prodotto non dovrà scolorire sotto l'azione dei raggi UV.

2.4.3 Prove di laboratorio

Le prove elencate nella Tabella n. 9 sono quelle indicate dalla norma UNI EN 1871 per la caratterizzazione dei prodotti plastici a freddo. Tali prove sono state riproposte nella pre-norma aggiornata (FprEN 1871), in fase di approvazione da parte del CEN. I prodotti plastici a freddo, nella bozza finale della norma, saranno oggetto di marcatura "CE".



Tabella 9: Caratteristiche fisiche della segnaletica orizzontale realizzata con materiale plastico a freddo

PROVA	VALORE/REQUISITO RICHIESTO	UNITA' DI MISURA TOLLERANZA/METODO	NORMA
Stabilità all'immagazzinaggio*	Determinazione del grado di sospensione del pigmento e facilità di rimiscelazione	Nessuna modifica rispetto alle condizioni originali del prodotto dopo 30 giorni in stufa a 45 °C e dopo 100.000 colpi con l'apparecchio compattatore	UNI EN 1871 Appendice B
Invecchiamento ai raggi UVB	$\Delta\beta \leq 0,05$	Invecchiamento ai raggi UVB (168 ore per complessivi 14 cicli da 8h di irradiazione + 4h di condensazione)*	UNI EN 1871 4.1.4.3
Resistenza agli alcali**	Assenza di fuoriuscita di pigmento dai provini. Assenza di irruvidimento della superficie esposta.	Azione sui provini di una soluzione al 10% di idrossido di sodio per 48 ore	UNI EN 1871 Appendice G
Resistenza all'usura***	2,5 cm ³	(± 0,1 cm ³)	UNI EN 1871 Appendice K
Resistenza all'usura dopo invecchiamento ai raggi UVB	2,5 cm ³	(± 0,1 cm ³)	UNI EN 1871 Appendice K

* Le condizioni di prova per la verifica della stabilità all'immagazzinaggio sono applicate dopo aver verificato l'eventuale presenza di perossidi nel prodotto plastico a freddo. I prodotti contenenti perossidi non devono essere conservati nella stufa a 45 °C e non devono essere sottoposti alla prova di compattazione.

** La prova verifica l'applicabilità di un prodotto segnaletico realizzato con prodotti plastici a freddo su substrati reattivi a base alcalina, come le pavimentazioni stradali il cui legante sia cemento idraulico.

*** La prova è usualmente utilizzata per i prodotti plastici a freddo applicati in strade in cui le condizioni climatiche sono particolarmente rigide, con frequenti innevamenti e basse temperature. La prova simula l'abrasione causata dai pneumatici chiodati con un apparecchio "Tröger" su un campione di prodotto plastico a freddo applicato ad un provino Marshall alla temperatura di - 10 °C.



2.5 SEGNALETICA ORIZZONTALE REALIZZATA CON PRODOTTI PREFORMATI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **H.01.020** Segnaletica orizzontale temporanea o permanente in laminato elastoplastico

2.5.1 Caratteristiche prestazionali

L'uso dei materiali preformati plastici, applicati a freddo o installati a caldo, sono consigliati per i luoghi che richiedono piccole quantit  di materiali per il tracciamento (ad es. cantieri di lavoro stradali la cui durata sia superiore a 7 giorni) e sia possibile rimuoverli velocemente per ripristinare le condizioni *ante-operam* ovvero in situazioni in cui le condizioni siano particolarmente severe a causa dello stato della pavimentazione, della tipologia di traffico e delle condizioni climatiche, che comportano una frequente sostituzione/ripasso della segnaletica orizzontale.

Tabella 10: Caratteristiche prestazionali* della segnaletica orizzontale realizzata in materiale preformato

PRESTAZIONI	CONDIZIONI DI MISURA	CLASSI DI PRESTAZIONE	VALORI MINIMI	
Visibilit� notturna (R_L) per la segnaletica di colore bianco e giallo	In condizioni asciutte	(R3)	≥ 150	$\text{mcd lux}^{-1}\text{m}^{-2}$
	In condizioni asciutte: giallo**	(R5)	≥ 300	
	In condizioni di bagnato	(RW3)	≥ 50	
	In condizioni di pioggia	(RR2)	≥ 35	
Visibilit� diurna (Q_d)	Segnaletica bianca asciutta	(Q3)	≥ 130	$\text{mcd lux}^{-1}\text{m}^{-2}$
	Segnaletica gialla asciutta	(Q2)	≥ 100	
Resistenza al derapaggio***	Segnaletica bagnata	(S3)	≥ 50	SRT
Fattore di luminanza (β)	Segnaletica bianca asciutta	(B5)	$\geq 0,60$	-
	Segnaletica gialla asciutta	(B3)	$\geq 0,40$	
Colore (Coordinate cromatiche)****	x	Sempre all'interno dei box prescritti per ciascun colore		
	y			

* Caratteristiche prestazionali, previste dalla norma UNI EN 1436

** Punto 3.2.3 del Decreto del 10/07/2002 del MIT (S.O. G.U. n. 226/2002): "Per quanto riguarda la segnaletica orizzontale (temporanea) occorre riferirsi alla norma UNI EN 1436 **con obbligo di garantire** la classe R5 per le strade di tipo A, B e D e classe R3 o R5 per gli altri tipi di strade"

*** Caratteristica valida esclusivamente per i prodotti di segnaletica orizzontale non profilata.



****La tabella con le coordinate cromatiche previste dalla UNI EN 1436 e il relativo grafico sono riportati in Appendice, Sottoparagrafo 12.7

“Per materiale preformato per segnaletica orizzontale si intende un prodotto realizzato in fabbrica, in forma di foglio oppure di rotolo, in grado di essere applicato al supporto tramite adesivo, primer, pressione, calore oppure mediante la combinazione di questi metodi” (UNI EN 1790).

I primer sono utilizzati per pre-rivestire le superfici stradali prima di applicare i prodotti preformati. Sono utilizzati per migliorare l'aderenza del preformato e lo proteggono dall'eventuale dissoluzione e scolorimento causato da composti non compatibili presenti nel conglomerato bituminoso dello strato di usura della pavimentazione stradale. Usualmente gli “impianti” di segnaletica orizzontale che utilizzano il citato prodotto, si presentano sotto forma di nastri in rotolo. Il nastro è un materiale multistrato preformato in grado di adattarsi al supporto, al quale può essere applicato senza l'ausilio del calore, ma con l'utilizzo di un adesivo sensibile alla pressione.

Il materiale preformato per segnaletica orizzontale, in base alla UNI EN 1790, si suddivide in:

- materiale plastico a freddo preformato, applicato al supporto con l'utilizzo di un adesivo (nastro). Nel materiale sono presenti le microsfele di vetro e i granuli antiderapanti;
- materiale termoplastico preformato senza materiali da postspruzzare applicato al supporto riscaldando il materiale fino alla temperatura di fusione (applicazione tramite somministrazione di calore). Nel materiale sono presenti le microsfele di vetro e i granuli antiderapanti;
- materiale termoplastico preformato con materiali da postspruzzare, applicato al supporto riscaldando il materiale fino alla temperatura di fusione con l'aggiunta di materiali retroriflettenti e antiderapanti durante l'applicazione.

Ad eccezione della terza tipologia di prodotto, gli altri prodotti elencati sono forniti nella loro configurazione finale all'uscita dalla fabbrica: le loro proprietà non cambiano in modo significativo durante l'applicazione.

Il materiale termoplastico preformato con materiali da postspruzzare è l'unico prodotto della serie di prodotti contemplati dalla UNI EN 1790 che necessita di un completamento in fase di applicazione, con la postspruzzatura di microsfele di vetro retroriflettenti e di granuli antiderapanti, di solito costituiti da vetro corindone, cristobalite o ceramica, per ottenere che la superficie superiore del segnale, specialmente in condizioni di bagnato o di pioggia, garantisca l'aderenza prescritta (SRT) nei requisiti prestazionali.

Oltre alle caratteristiche prestazionali richieste, così come espone nella Tabella n. 10, per i prodotti preformati realizzati in fabbrica, la norma di riferimento contempla fra i requisiti aggiuntivi:



- l'asportabilit ;
- la resistenza ai raggi UV.

L'asportabilit  consente di verificare solo su strada (non   consentita la prova in laboratorio) se il materiale   interamente asportabile senza lasciare segni permanenti sulla pavimentazione che, in funzione delle diverse condizioni atmosferiche, potrebbero confondere l'utente della strada.

La resistenza ai raggi UV consente di verificare se il prodotto preformato, esposto per 168 ore, in cicli di 8 ore di radiazioni UVB a 60  C e di 4 ore di condensazione a 50  C, mantiene le coordinate cromatiche nel box colorimetrico prescritto e il delta prescritto, relativo al fattore di luminanza, misurato prima e dopo la prova di esposizione ai raggi UVB.

La norma prevede due classi di resistenza ai raggi UV:

- UV0 – nessun valore;
- UV2 - $\Delta \beta = \leq 10$.

La normativa di riferimento, per tale tipologia di prodotto, include anche la prova di durabilit  che pu  essere realizzata su strada, in base alla norma UNI EN 1824, ovvero pu  essere realizzata con l'ausilio di un simulatore d'usura, in base alla norma UNI EN 13197.

I materiali preformati sono costituiti da una struttura multistrato complessa, difficile da identificare con i comuni metodi di laboratorio. Per tale motivo sono state individuate delle prove analitiche che consentono l'identificazione dei prodotti ed indicate nella UNI EN 1790: la composizione   determinata tramite il metodo di caratterizzazione dei materiali preformati denominato "*fingerprinting*" (impronta digitale), basato sulla combinazione di diversi metodi di prova qualitativi.

Nel contesto del presente Capitolato Speciale, tali metodi sono da utilizzare solo in caso in cui si abbiano seri dubbi sulla autenticit  della partita fornita e sono basati sulle seguenti analisi:

- analisi termogravimetrica (TGA);
- spettroscopia FT-IR del residuo TGA;
- spettroscopia FT-IR ATR (riflettanza totale attenuata) dello strato adesivo.

A tali analisi   aggiunta, a conferma della autenticit  del prodotto, la prova del contenuto di ceneri che "*costituisce un mezzo normalizzato e comparativo per stimare il contenuto di minerali nei materiali*" (UNI EN 1790).

2.5.2 Caratteristiche tecniche



Materiale plastico a freddo preformato, applicato al supporto con l'utilizzo di un adesivo (nastro). Il materiale in oggetto sar  costituito da un laminato elastoplastico, autoadesivo, rimovibile per utilizzo permanente o temporaneo con polimeri di alta qualit , contenente una dispersione di microgranuli di speciale materiale ad elevato potere antisdrucchiolo e di microsfero ad alto indice di rifrazione tale da conferire al laminato stesso ottime propriet  retroriflettenti.

La resina poliuretanoica presente nella parte superiore del prodotto dovr  assicurare un perfetto e durevole ancoraggio delle microsfero e delle particelle antiscivolo.

Il laminato dovr  contenere al suo interno uno speciale tessuto reticolare in poliestere che assicura un'elevata resistenza alla spinta torsionale esercitata dai veicoli e, nel caso di segnaletica temporanea, una facile e perfetta rimovibilit  del laminato dalla pavimentazione.

Il colore giallo sar  ottenuto utilizzando esclusivamente pigmenti privi di cromo, cadmio e piombo. Detto laminato dovr  risultare quindi sia riciclabile che distruttibile come rifiuto atossico; conforme alle normative europee sull'ambiente, considerato "prodotto non inquinante". Nel caso dei nastri, l'adesivo posto sul retro del preformato dovr  permettere una facile e rapida applicazione del prodotto pur garantendone la non alterazione anche sotto elevati volumi di traffico. Appena applicato, il laminato deve essere immediatamente transitabile.

Materiale termoplastico preformato senza materiali da postspruzzare applicato al supporto riscaldando il materiale fino alla temperatura di fusione. I nastri preformati che si applicano a caldo sono costituite da una miscela omogenea di leganti polimerici termoplastici di alta qualit , consistono in una speciale formulazione di polimeri flessibili a cui si somministra del calore con un cannello di gas propano per farli aderire alla pavimentazione. Il materiale preformato   predisposto in fabbrica, non contiene piombo e altri pigmenti considerati nocivi, contiene i minerali riempitivi e le microsfero di vetro di vetro premiscelate. Il processo di installazione   semplice: le strisce sono stese sul supporto ed il calore   applicato sulla loro superficie esposta. Il prodotto segnaletico, rispetto all'omologo dispositivo autoadesivo, presenta una maggiore durabilit  e meno problemi come le distorsioni del nastro dovute al traffico e le premature perdite di retroriflessione. Particolare cura dovr  essere posta, nella fase di applicazione del prodotto, sulla pulizia della superficie di applicazione. Tale superficie dovr  essere preventivamente trattata con una fiamma di gas propano raggiungendo la temperatura consigliata dal produttore (fino a 300  C). L'applicazione del nastro avviene sulla superficie surriscaldata, con ulteriore somministrazione di calore sulla parte visibile del nastro fino a parziale fusione dello stesso con il substrato. Il processo di adesione vero e proprio avviene successivamente alla fusione del materiale sulla pavimentazione e immediatamente dopo la sospensione della somministrazione del calore, invero il prodotto, riconsolidandosi, resta legato saldamente al conglomerato bituminoso del manto stradale.

Dopo l'applicazione taluni produttori suggeriscono di verificare speditivamente l'adesione con il "test dello scalpello": sulla parte centrale della striscia si distacca una porzione di materiale e se



sulla parte inferiore si nota del conglomerato bituminoso inasportabile, significa che l'obiettivo è stato raggiunto, diversamente bisogna somministrare più calore sul sub strato e sulla striscia.

Materiale termoplastico preformato con materiali da postspruzzare applicato al supporto riscaldando il materiale fino alla temperatura di fusione. Il processo di applicazione del prodotto preformato è analogo a quello descritto nel precedente sottoparagrafo. I materiali da postspruzzare, microsfere di vetro di vetro e granuli antiderapanti, sono aggiunti sulla parte esposta della striscia quando il prodotto è ancora caldo, in modo da consentire il parziale affondamento sulla superficie degli elementi aggiunti: la coesione delle microsfere di vetro e dei granuli è dovuta al loro parziale inglobamento nella matrice del prodotto. Una volta raffreddato, il materiale termoplastico dovrà presentare attive tutte le caratteristiche prestazionali richieste dalla norma europea UNI EN 1436.

Appena applicato, il *materiale termoplastico preformato* è immediatamente transitabile, anche se alcuni produttori suggeriscono la transitabilità della striscia dopo qualche ora dall'applicazione.

2.5.3 Controlli in situ e in laboratorio

Per quanto concerne la prova di asportabilità sui *Materiali plastico a freddo preformato, applicato al supporto con l'utilizzo di un adesivo (nastro)*, sia per la segnaletica temporanea che per quella permanente, si rinvia al Sottoparagrafo 2.5. Per questi prodotti si applicano le disposizioni generali del punto 4 della FprEN 1871 nell'ultima versione in fase di approvazione e i metodi di prova definiti nella stessa norma per il materiale termoplastico per segnaletica orizzontale. Le prove prescritte per i prodotti preformati sono analoghe a quelle elencate nella Tabella n. 7 del Paragrafo n. 2.3 relativo ai prodotti termoplastici per la segnaletica orizzontale.

2.6 PRODOTTI POSTSPRUZZATI E PREMISCELATI PER LA SEGNALETICA ORIZZONTALE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **H.01.023** Postspruzzatura di segnaletica orizzontale con microsfere di vetro

2.6.1 Caratteristiche prestazionali delle sfere di vetro postspruzzate

La norma "armonizzata" UNI EN 1423 specifica i requisiti applicabili alle microsfere di vetro e i granuli antiderapanti applicati come materiali postspruzzati sui prodotti per la segnaletica orizzontale. La norma non include invece le **microsfere di vetro premiscelate** e i granuli antiderapanti



applicati durante il processo di produzione dei prodotti di segnaletica orizzontale. Il prodotto "microsfere di vetro" da postspruzzare è definito dai requisiti elencati nella seguente tabella:

Tabella 11: Requisiti applicabili alle microsfere di vetro da postspruzzare sui prodotti della segnaletica orizzontale

CARATTERISTICHE ESSENZIALI	VALORE/REQUISITO RICHIESTO	UNITA' DI MISURA TOLLERANZA/METODO	NORMA
Indice di rifrazione*	$\geq 1,5$	Metodo dell'immersione con illuminazione obliqua	UNI EN 1423 Appendice A
Contenuto di microsfere di vetro difettose	$\leq 20\%$ (microsfere difettose); $\leq 3\%$ (particelle estranee)	Determinazione della percentuale massima ponderata delle microsfere difettose	UNI EN 1423 Appendice D
Granulometria delle microsfere di vetro	Setacci ISO 565 Serie R 40/3	Le granulometrie devono essere descritte in base alle regole di cui al punto 4.1.3 della UNI EN 1423	ISO 565 ISO 2591-1
Contenuto di sostanze pericolose**	≤ 200 ppm	(mg/kg)	UNI EN 1423 Appendice I
Resistenza agli agenti chimici***	Passa / Non passa	Le microsfere di vetro non devono sviluppare velature o opacità a contatto con gli agenti chimici prescritti.	UNI EN 1423 Appendice B

* Indice di rifrazione minimo richiesto.

** Si ricerca separatamente la presenza di arsenico, piombo e antimonio. Tali sostanze erano utilizzate storicamente dai produttori di vetro come agente colorante e affinante.

*** Gli agenti chimici utilizzati per la prova sono: acqua, acido cloridrico diluito, cloruro di sodio e solfuro di sodio.

2.6.2 Caratteristiche prestazionali dei granuli antiderapanti postspruzzati

"I granuli antiderapanti sono granuli duri di origine naturale o artificiale, utilizzati per conferire proprietà antiderapanti alla segnaletica stradale" (UNI EN 1423). I granuli, in funzione della loro natura, possono essere trasparenti ovvero opachi. Sul mercato sono presenti vari tipi di aggregati utilizzati per aumentare il valore di antiderapaggio (SRT) dei prodotti per la segnaletica orizzontale, come il corindone bianco, la cristobalite (minerale di quarzo calcinato e frantumato), la wollastonite (metasilicato di calcio), la malachite (un minerale della famiglia dei carbonati), l'ossido di alluminio o altri minerali di quarzo. Tali prodotti antiderapanti sono utilizzati in relazione ai prodotti segnaletici sui quali sono miscelati o postspruzzati e devono essere scelti in base alle condizioni di traffico locali cui sono destinati. Un altro aggregato, sempre più utilizzato, è composto da fram-



menti di vetro (denominati "grani di vetro"), e presenta la proprietà di essere trasparente come le microsfere di vetro, con superficie liscia (concoide) e conformazione prismatica, con proprietà meccaniche elevate e molto resistente all'abrasione. La UNI EN 1423, sui granuli antiderapanti prescrive una serie di requisiti che i produttori devono certificare per applicare sulle confezioni il marchio "CE". Nella Tabelle 12 e 13, sono elencati i requisiti applicabili per tale tipologia di prodotti.

Tabella 12: Requisiti applicabili ai granuli antiderapanti* da postspruzzare con le microsfere di vetro sui prodotti di segnaletica orizzontale

CARATTERISTICHE ESSENZIALI	VALORE/REQUISITO RICHIESTO	UNITA' DI MISURA TOLLERANZA/METODO	NORMA
Caratteristiche di visibilità **	Coordinate cromatiche x,y (v. Tab. n. 14) $\beta \geq 70$	La UNI EN 1423 suggerisce la preparazione del campione in conformità alla ISO 7724-2	ISO 7724-2
pH	In funzione del materiale	Determinazione del valore del pH in sospensione acquosa	UNI EN ISO 787-9
Granulometria dei granuli antiderapanti	Setacci ISO 565 Serie R 40/3	Le granulometrie devono essere descritte in base alle regole di cui al punto 4.3.3 della UNI EN 1423	ISO 565 ISO 2591-1
Contenuto di sostanze pericolose***	≤ 200 ppm	mg/kg	UNI EN 1423 Appendice I
Durabilità - Resistenza alla frammentazione	Indice di friabilità: Quantità di materiale di dimensioni inferiori a 0,1 mm prodotto dopo la prova	La granulometria del campione rappresentativo deve compresa tra 0,2 e 2 mm ovvero fra 0,2 e 4 mm	UNI EN 1423 Appendice G

* Granuli antiderapanti trasparenti e non trasparenti

** Prova da applicare solo ai granuli antiderapanti non trasparenti

*** Solo per i granuli antiderapanti in vetro. Si ricerca separatamente la presenza di arsenico, piombo e antimonio. Tali sostanze sono state utilizzate storicamente dai produttori di vetro come agente colorante e affinante.



Tabella 13: Vertici del box cromatico per i granuli antiderapanti non trasparenti

1		2		3		4	
x	y	x	y	x	y	x	y
0,355	0,355	0,305	0,305	0,285	0,325	0,335	0,375

2.6.3 Caratteristiche fisiche dei prodotti postspruzzati e premiscelati

Microsfere da postspruzzare. "Le particelle sferiche di vetro trasparente sono utilizzate per consentire la visibilit  norturna della segnaletica orizzontale mediante la retroriflessione dei raggi incidenti dei proiettori di un veicolo verso il conducente " (UNI EN 1423 e UNI EN 1424).

Le microsfere di vetro possono essere premiscelate durante la produzione dei vari prodotti per segnaletica orizzontale ovvero possono essere aggiunte ai materiali liquidi prima della loro applicazione sulla pavimentazione stradale.

Le microsfere di vetro possono essere postspruzzate sul prodotto per segnaletica orizzontale appena steso, sia che si presenti nello stato liquido (pitture) che allo stato viscoso (termoplastici, prodotti plastici a freddo).

Le microsfere di vetro premiscelate sono contenute, sia nei prodotti segnaletici liquidi* che in quelli viscosi, mediamente oscillante intorno al 30% in peso.

* Per le pitture acriliche in emulsione acquosa le microsfere di vetro **sono usualmente postspruzzate**. La granulometria delle microsfere di vetro deve essere tarata in base alla tipologia di pavimentazione e in base allo spessore della pellicola bagnata. Le ditte produttrici forniscono, alle ditte che effettuano i lavori di segnaletica stradale, delle tabelle per l'applicazione del prodotto sparitraffico all'acqua.

Le imperfezioni delle microsfere di vetro possono compromettere il fenomeno della retroriflessione, per tale motivo si ammette nella miscela al **massimo il 20% di sfere di vetro difettose**. Le sfere difettose possono presentare forme diverse da quella perfettamente sferica, tali forme sono censite come segue:

- microsfere ovalizzate;
- microsfere a goccia;
- microsfere tondeggianti ($L/l \geq 1,3$);
- microsfere fuse tra loro;
- microsfere con satelliti;
- microsfere opache;



- microsfere lattescenti;
- microsfere con inclusioni gassose;
- particelle di vetro con spigoli vivi;
- particelle di materiale diverso dal vetro.

Le sfere di vetro il cui indice di rifrazione è compreso tra 1,50 e 1,55, consentono una buona retroriflessione quando il grado d'affondamento nel prodotto segnaletico è compreso tra il 55 e il 60% del loro diametro. Un affondamento inferiore al 50%, pur consentendo in parte la retroriflessione, espone il sistema ottico all'asportazione da parte dei veicoli, mentre un affondamento superiore al 60 % limita il fenomeno, che è comunque compromesso quando l'affondamento supera l'85%.

Le microsfere di vetro postspruzzate possono essere trattate preventivamente con un rivestimento atto a favorirne il galleggiamento sulla superficie esposta del prodotto segnaletico steso ovvero sono trattate con un rivestimento che ne migliora l'adesione al prodotto segnaletico, al fine di evitare il distacco e/o la dispersione delle microsfere di vetro in fase di postspruzzatura, ma anche in conseguenza del passaggio dei pneumatici dei veicoli sul segnale, una volta che la strada è aperta al traffico.

La presenza di rivestimenti che conferiscono alle sfere di vetro le proprietà del galleggiamento e dell'adesione possono essere verificati con i metodi indicati alle appendici E ed F della UNI EN 1423.

Microsfere da premiscelare. Le procedure di qualificazione delle microsfere di vetro da premiscelare sono specificate nella norma europea UNI EN 1424. Analogamente alle microsfere da postspruzzare, i requisiti richiesti sono: la granulometria; l'indice di rifrazione del vetro; la resistenza agli agenti chimici; il contenuto di microsfere difettose; i trattamenti superficiali delle microsfere di vetro. Le procedure di prova indicate richiamano quelle elencate nella Tabella n. 11. In merito ai requisiti qualitativi, la percentuale massima ponderata di microsfere di vetro difettose da premiscelare, per le sfere del diametro ≥ 1 mm, la tolleranza è $\leq 30\%$. Per quanto concerne i trattamenti superficiali, la norma ne consente l'applicazione, a patto che il fabbricante ne permetta la verifica con un metodo di prova definito in comune accordo con il fornitore e con il committente.

2.6.4 Granulometrie di riferimento delle microsfere di vetro.

Le granulometrie delle microsfere di vetro da postspruzzare sono usualmente stabilite in funzione dei vari prodotti per la segnaletica orizzontale offerti dai fabbricanti, ma sono determinate anche in base alle seguenti considerazioni:



- tipologia di strada e di traffico in cui saranno applicati i prodotti segnaletici;
- classe di retroriflessione scelta dal committente;
- tipologia di prodotto segnaletico;
- spessore del prodotto segnaletico applicato – correntemente si valuta lo spessore umido;
- quantit  di prodotto da postspruzzare.

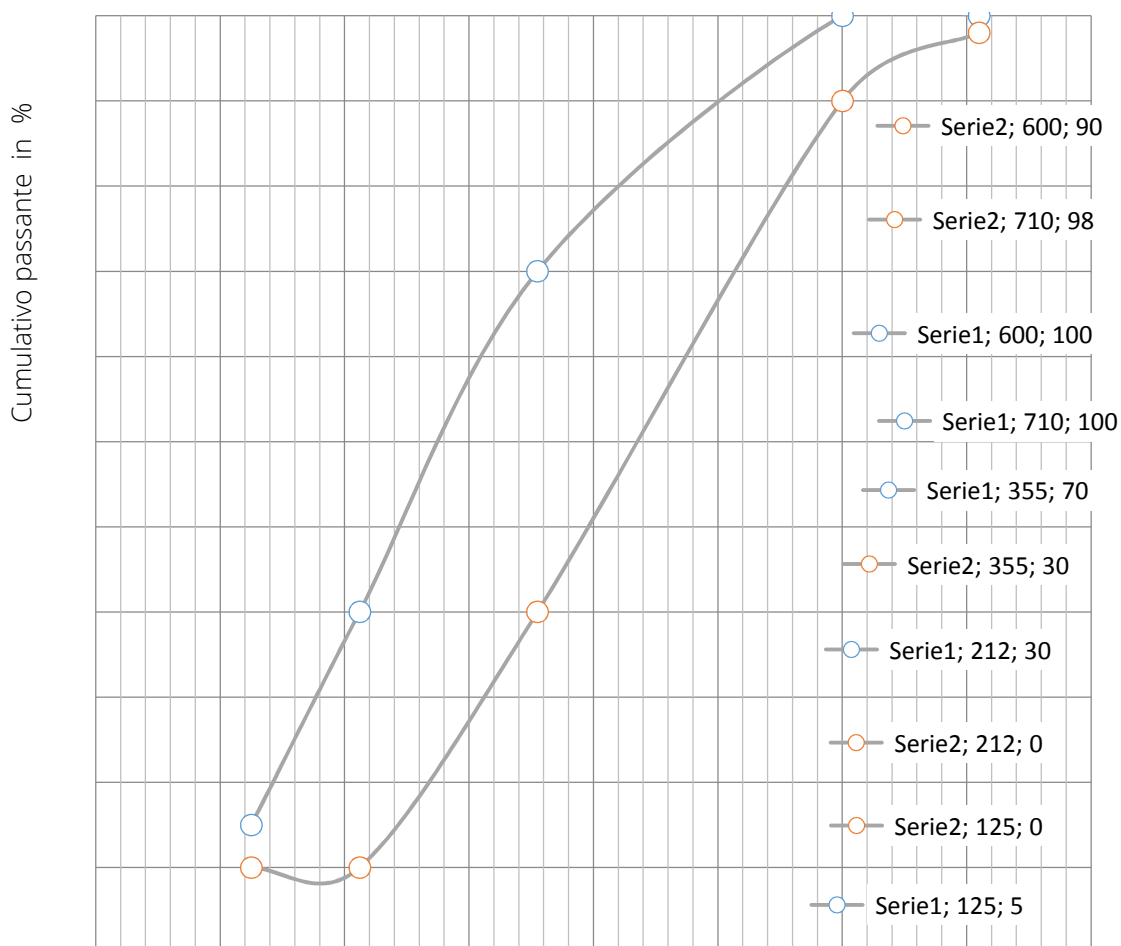
Come accennato, si ha una retroriflessione accettabile quando il grado d'affondamento delle microsfere di vetro nel prodotto segnaletico   compreso tra il 55 e il 60% del loro diametro. In base a tale considerazione, ne consegue che la conoscenza dello spessore finale del prodotto segnaletico steso   essenziale per la scelta delle granulometrie dei prodotti attualmente disponibili sul mercato. La scelta del fuso granulometrico dipende dall'obiettivo del committente di raggiungere standard prestazionali elevati nel breve e medio periodo e di mantenerli il pi  a lungo possibile.

La quantit  di prodotto da postspruzzare   in funzione del diametro medio delle sfere di vetro applicate e non dipende dallo spessore secco finale del prodotto o dalla tipologia di prodotto segnaletico steso su strada, considerando anche l'uso, da parte e su suggerimento dei produttori, dei trattamenti superficiali che favoriscono il galleggiamento sulla superficie esposta del prodotto segnaletico ed evitano "l'impaccamento" nei contenitori, montati sui mezzi mobili, prima della postspruzzatura. Usualmente il dosaggio medio di riferimento   di 300 grammi di microsfere per ogni metro quadrato di prodotto segnaletico applicato. La granulometria di riferimento delle microsfere di vetro da postspruzzare, adatta per la maggior parte dei prodotti segnaletici, ma **non ne preclude** altre se rispondono ai requisiti richiesti dal committente in merito alla retroriflessione notturna,   riportata nella seguente Tabella n. 14:

Tabella 14: Granulometria delle microsfere di vetro da postspruzzare

Setaccio ISO 565 R 40/3	Fuso granulometrico (Es. 2 della UNI EN 1423)	
Luce netta in μm	% Trattenuto cumulativo in peso	% Passante cumulativo in peso
710	0 - 2	100 - 98
600	0 - 10	100 - 90
355	30 - 70	70 - 30
212	70 - 100	30 - 0
125	95 - 100	5 - 0

La granulometria riportata nella Tabella n. 14 non preclude altre granulometrie conformi ai requisiti richiesti dal committente e alle specifiche del fabbricante. La granulometria delle microsfere di vetro postspruzzate deve comunque garantire le prestazioni richieste dal committente per quanto attiene la visibilit  notturna del prodotto segnaletico steso su strada.



Luce netta in micron dei setacci ISO 565 -
 R 40/3

Grafico 1 – Fuso granulometrico di riferimento delle microsferi di vetro da postspruzzare costruito sulla base dell'esempio 2 (600-125 micron) – prospetto 4 della UNI EN 1423 – Tabella 14 del Capitolato

Per quanto concerne la granulometria delle microsferi di vetro da premiscelare, usualmente utilizzate nelle pitture a solvente organico, la granulometria di riferimento è riportata nella seguente tabella:

Tabella 15 : Granulometria delle microsferi di vetro premiscelate

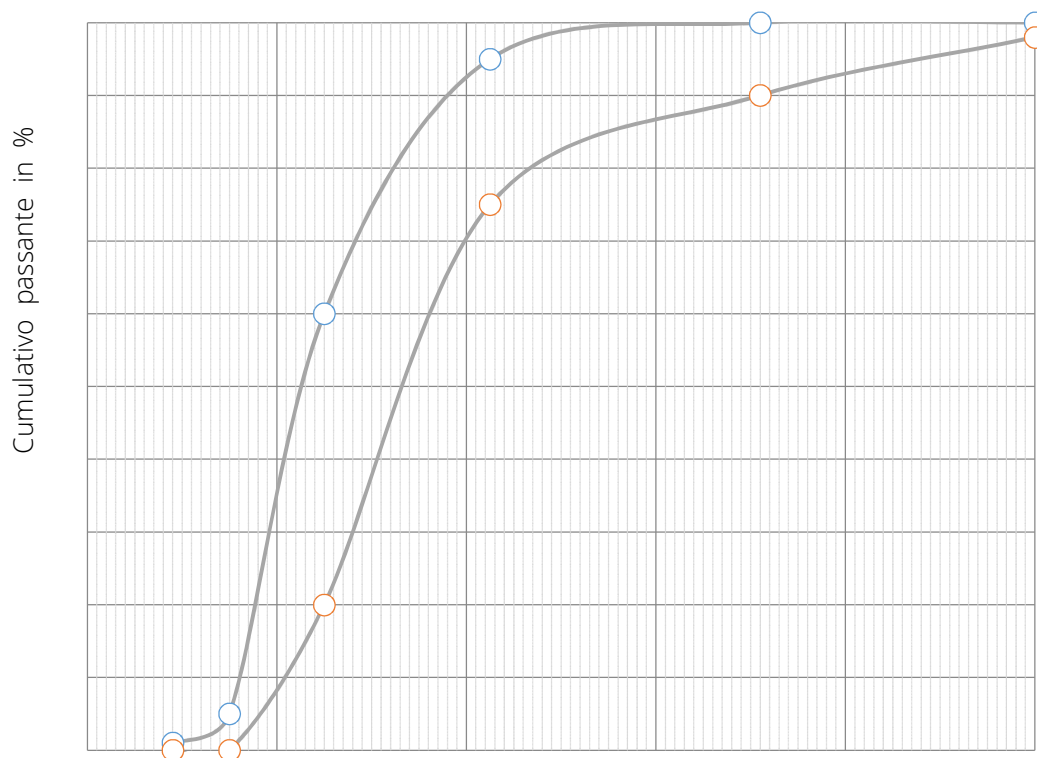
Setaccio ASTM N°	Luce netta in μm	% Passante in peso
70	210	100
140	105	15 - 55
230	63	0 - 10



Granulometrie di riferimento dei granuli. In merito ai granuli antiderapanti la UNI EN 1423 propone una granulometria di riferimento valida sia per i granuli trasparenti che per quelli non trasparenti, così come riportato nella seguente Tabella n. 16:

Tabella 16: Granulometria dei granuli antiderapanti trasparenti e non trasparenti

Setaccio ISO 565 R 40/3	Fuso granulometrico (Es. 3 e 5 della UNI EN 1423)		
	Luca netta in μm	% Trattenuto cumulativo in peso	% Passante cumulativo in peso
1000		0 - 2	100 - 98
710		0 - 10	100 - 90
425		5 - 25	95 - 75
250		40 - 80	60 - 20
150		95 - 100	5 - 0
90		99 - 100	1 - 0



Luca netta in micron dei setacci ISO 565
- R 40/3



Grafico 2 – Fuso granulometrico di riferimento dei granuli antiderapanti da postspruzzare, trasparenti e non trasparenti, costruito sulla base degli esempi 3 e 5 (710 -150 micron) – prospetto 10 della UNI EN 1423 – Tabella 16 del Capitolato

Le granulometrie riportate nelle Tabelle n. 15 e n. 16 **non preclude** altre granulometrie conformi ai requisiti richiesti dal committente e alle specifiche del fabbricante. In particolare, la granulometria dei granuli antiderapanti postspruzzati deve comunque garantire le prestazioni richieste dal committente per quanto attiene le proprietà di antiscivolosità del prodotto segnaletico steso su strada.

2.6.5 Sostanze pericolose

Le sfere di vetro utilizzate nei prodotti per la segnaletica stradale, in particolare nelle pitture, nei prodotti termoplastici, nei prodotti plastici a freddo e nei prodotti preformati, derivano da un processo di produzione che utilizza il vetro frantumato proveniente da riciclaggio. Usualmente i fabbricanti che hanno adottato il sistema di gestione in base alla norma UNI EN 9001 e il sistema di gestione ambientale in base alla UNI EN 14001, non utilizzano vetri riciclati contenenti Arsenico (As), Piombo (Pb) e Antimonio (Sb), additivi tossici utilizzati nei processi di produzione obsoleti. Nella norma armonizzata di riferimento, la UNI EN 1423, è prevista una tolleranza inferiore o eguale a 200 ppm (mg/kg) della presenza dei semimetalli e del metallo tenero nella composizione delle sfere di vetro. L'assenza o la limitata presenza, nelle miscele di microsfere di vetro, di tali sostanze pericolose è uno dei requisiti posti dall'Unione Europea per la commercializzazione del prodotto. *"E' importante controllare il contenuto di queste sostanze pericolose perché le microsfere di vetro nell'impiego previsto sono diffuse nell'ambiente"* (UNI EN 1423). La globalizzazione dei mercati ha investito anche i prodotti per la segnaletica orizzontale e, in particolare, le microsfere di vetro di vetro per uso stradale. Il vetro utilizzato, usualmente riciclato da televisori e monitor di computer, contiene elevati livelli di piombo, arsenico e antimonio, aggiunti deliberatamente per conferire chiarezza al materiale e per controllare la sfericità delle microsfere di vetro. In talune partite provenienti dai mercati extracomunitari è stata rilevata la presenza di triossido di diarsenico, classificato come sostanza pericolosa a causa delle proprietà tossiche e cancerogene. Invero molti prodotti dell'industria elettronica sono riciclati e nuovamente immessi nel sistema sotto forma di dispositivi utili anche alla segnaletica orizzontale.

Per tale motivo, per precauzione e ai fini della tutela ambientale, i limiti indicati per ciascuna sostanza tossica contenuta nelle sfere di vetro, sono prescrittivi per il fabbricante, per il fornitore e per l'impresa appaltatrice.



2.7 DISPOSITIVI RETRORIFLETTENTI INTEGRATIVI DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **H.04.040.a** Dispositivi retroriflettenti integrativi dei segnali orizzontali (occhi di gatto)

-

2.7.1 Caratteristiche prestazionali

Le norme di riferimento. La norma europea che specifica i requisiti delle prestazioni e i metodi per l'esecuzione delle prove in laboratorio per gli inserti stradali catarifrangenti, è la UNI EN 1463-1, mentre per le verifiche su strada è stata predisposta dal CEN la norma UNI EN 1463-2. Nel contesto del presente Capitolato, i dispositivi catarifrangenti integrativi accettati sono quelli che rispondono ai requisiti prescritti dalla norma armonizzata e siano stati sottoposti per 1 anno, se dispositivi permanenti, ovvero per 4 mesi, se dispositivi temporanei, alla prova della durabilità su strada e abbiano superato le varie verifiche previste dalla UNI EN 1463-2. Gli inserti stradali devono presentare la marcatura "CE" il cui simbolo, insieme all'identificativo del produttore, deve apparire sul prodotto. Nel caso in cui i materiali costituenti gli inserti stradali catarifrangenti risultino adatti al riciclaggio, è necessario indicare sull'inserto ovvero sui documenti allegati anche il codice di riciclaggio secondo la direttiva europea 94/62/CE. Gli inserti stradali catarifrangenti sono utilizzati per aumentare la funzione di segnalamento dei segnali orizzontali e il loro colore deve essere lo stesso della segnaletica di cui costituiscono il rafforzamento. Per motivi di sicurezza, il profilo che ingloba gli inserti stradali non deve presentare spigoli vivi sulla superficie esposta al traffico. Prestazioni visive notturne (requisiti fotometrici dei dispositivi catarifrangenti permanenti e temporanei – Classi PRP 1 e PRT 1):

Tabella 17: Coefficiente di intensità luminosa* (R) dei catarifrangenti applicati alla pavimentazione stradale rafforzativi della segnaletica orizzontale (UNI EN 1463-1)

Angolo di ingresso β_H	Angolo di incidenza α	Coefficiente di intensità luminosa (mcd lx^{-1}) – valori minimi		
		Tipo di catadiottro**		
		1 (in vetro)	2 (in plastica)	3 (in plastica con strato superficiale antiabrasione)
$\pm 15^\circ$	2°	2	2,5	1,5
$\pm 10^\circ$	1°	10	25	10
$\pm 5^\circ$	$0,3^\circ$	20	220	150

* Il valore R rilevato deve essere moltiplicato per il fattore cromatico dei catarifrangenti degli inserti stradali: 1,0 per il colore bianco e 0,6 per il colore giallo.

** Paragrafo 7.2 della norma UNI EN 1463-1



Prestazioni visive notturne (colore dei dispositivi catarifrangenti permanenti e temporanei – Classe CNR 1):

Tabella 18: Coordinate cromatiche* per la radiazione retroriflessa dei dispositivi catarifrangenti permanenti e temporanei applicati alla pavimentazione stradale rafforzativi della segnaletica orizzontale (UNI EN 1463-1)

Colore	1		2		3		4		5	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Bianco	0,390	0,410	0,440	0,440	0,500	0,440	0,500	0,390	0,420	0,370
Giallo	0,539	0,460	0,530	0,460	0,580	0,410	0,589	0,410	-	-

* Le coordinate cromatiche devono essere misurate utilizzando l'illuminante normalizzato **A** con un campo visivo di 2°, un angolo di ingresso β_H di 5° e un angolo di incidenza α di 0,3°.

Prestazioni visive diurne (colore dei dispositivi catarifrangenti temporanei – Classe DCR 1):

Tabella 19: Coordinate cromatiche* per la radiazione retroriflessa della struttura dei dispositivi catarifrangenti temporanei applicati alla pavimentazione stradale rafforzativi della segnaletica orizzontale (UNI EN 1463-1)

Colore	1		2		3		4		Fattore di luminanza β
	x	y	x	y	x	y	x	y	
Bianco	0,350	0,360	0,300	0,310	0,290	0,320	0,340	0,3370	$\geq 0,75$
Giallo	0,522	0,47	0,470	0,440	0,427	0,483	0,465	0,534	$\geq 0,45$

* Le coordinate cromatiche e il fattore di luminanza della struttura degli inserti temporanei deve essere determinata utilizzando l'illuminante normalizzato **D65** e la geometria di misura 45/0.

Prova di resilienza. Oltre ai requisiti di visibilità notturna e diurna degli inserti stradali catarifrangenti, permanenti e temporanei, i dispositivi non devono mostrare interruzioni nell'azione di depressione, né deformazioni tali da oscurare permanentemente, in misura anche minima, la parte catarifrangente del dispositivo, una volta sottoposti alla prova di resilienza. Tale prova consiste nel sottoporre l'inserto a 72.000 depressioni, con una frequenza di 60 depressioni al minuto, tramite una macchina di prova che consenta di regolare la depressione e la frequenza di depressione (Appendice D della UNI EN 1463-1).

2.7.2 Caratteristiche tecniche



Tipologia di inserti. L'inserto stradale pu0 essere autoadesivo, incollato, ancorato e incassato sulla pavimentazione stradale. Pu0 essere rigido (non a depressione (A)), cio0 progettato per non deformarsi al passaggio del traffico e pu0 essere **a depressione (B)** quando recupera la geometria originaria, non essendo pi0 sottoposto al carico dovuto al traffico.

L'inserto pu0 essere temporaneo **(T)**, quando utilizzato nei cantieri stradali, ovvero permanente **(P)** con la funzione di rafforzare la visibilit0 dell'itinerario in condizioni di guida notturna. I tipi di inserti stradali catarifrangenti, contemplati dalla norma europea, sono di tre tipi:

in vetro (T1);

- in plastica (T2);
- in plastica con uno strato superficiale resistente all'abrasione (T3).

La durabilit0 (la durata in servizio) di ogni inserto stradale catarifrangente 0 direttamente proporzionale alla forza di adesione fra il materiale che lo lega al substrato e la pavimentazione. Idealmente la forza di adesione dovr0 essere uguale alla resistenza al taglio della pavimentazione stessa. Le forze di legame delle resine usualmente utilizzate, superano di gran lunga le forze di legame interne dei conglomerati bituminosi. Per garantire una lunga durabilit0 del dispositivo, 0 necessario una preparazione del supporto in cui sar0 collocato l'inserto. Tale preparazione 0 necessaria in quanto la presenza di sostanze dovute alle emissioni del traffico e alla polvere di origine eolica oppure proveniente da cave o per la presenza di campi ovvero alla stessa risalita del legante bituminoso, impediscono al materiale legante, usualmente una resina, di aver un'buona adesione con la superficie della pavimentazione.

Una buona aderenza 0 il fattore pi0 importante, determinante per la durabilit0 dell'inserto stradale catarifrangente. I maggiori fattori che influenzano l'adesione alla pavimentazione sono:

- le propriet0 dell'agente legante;
- il tipo di pavimentazione;
- la temperatura in cui avviene l'operazione di posa;
- le modalit0 di applicazione.

Gli adesivi. Gli adesivi di norma sono proporzionati, miscelati ed estrusi da un'attrezzatura di mescolamento automatico (sono numerose le formulazioni per gli agenti leganti utilizzati per far aderire gli inserti alla pavimentazione). Le propriet0 reologiche (viscosit0) dell'adesivo alle varie temperature sono importanti non solo per il proporzionamento, miscelazione ed estrusione, ma anche per prevenire che l'adesivo fluisca dalla superficie di adesione degli inserti quando questi sono posizionati sulla pavimentazione.



Ci sono alcuni tipi di inserti catarifrangenti che sono sensibili alla pressione e non richiedono l'adesivo. Questi inserti richiedono però l'applicazione di un primer prima dell'installazione e sono immediatamente transitabili dal traffico. Questo tipo di inserti è usualmente utilizzato nei cantieri di lavoro stradali, per deviazioni ed altre applicazioni simili.

Le dimensioni degli inserti. In base alle prescrizioni del Regolamento di attuazione del Codice della strada, "i dispositivi non devono sporgere più di **2,5 cm** (corrispondente alla classe H3 della norma UNI EN 1463-1) sul piano della pavimentazione e devono essere fissati al fondo stradale con idonei adesivi ed altri sistemi tali da evitare distacchi con la sollecitazione del traffico".

La superficie rifrangente minima prescritta dal Regolamento è di **20 cm²**.

Tutti gli inserti stradali catarifrangenti devono essere applicati in conformità alle istruzioni fornite dal fabbricante e devono poter essere rimossi senza danneggiare la superficie stradale e lasciando un residuo minimo (UNI EN 1463-1).

In merito alle caratteristiche dimensionali degli inserti, si riportano nelle seguenti tabelle le classi previste:

Tabella 20: Requisiti dimensionali degli inserti stradali catarifrangenti – Massima altezza consentita per i dispositivi catarifrangenti permanenti e temporanei

CLASSE	H _ Altezza in mm
0	-
1	≤ 18
2	> 18 + ≤ 20
3	> 20 + ≤ 25

Tabella 21: Requisiti dimensionali degli inserti stradali catarifrangenti – Dimensioni orizzontali dei dispositivi permanenti e di quelli temporanei

CLASSE	HD		HDT*	
	Dim. orizzontali max		Dim. orizzontali min	
	lunghezza	larghezza	lunghezza	larghezza
0	-	-	-	-
1	250	190	35	84
2	320	230	75	90

* Dimensioni orizzontali minime dell'inserto temporaneo



2.7.3 Prove sugli inserti stradali catarifrangenti

Prove in laboratorio. Le prove in laboratorio sugli inserti stradali catarifrangenti sono elencate nella seguente tabella:

Tabella 22: Prove di laboratorio prescritte per gli inserti stradali catarifrangenti

N.	Prove in laboratorio	Prescrizioni
1	Misura del coefficiente di intensità luminosa R (mcd lx^{-1})	V. Tabella 17
2	Coordinate cromatiche in condizioni di visibilità notturna	V. Tabella 18
3	Coordinate cromatiche in condizioni di visibilità diurna	V. Tabella 19
4	Prova di resilienza	V. sottoparagrafo 7.1.

Prove su strada. Le prove su strada prevedono l'applicazione di 50 esemplari per tipologia di prodotto per ogni fabbricante. La prova dura 1 anno per i dispositivi permanenti e 4 mesi per i dispositivi temporanei. Prima dell'esecuzione devono essere definite tutte le condizioni al contorno e devono essere, con frequenza regolare, documentate durante il periodo di esecuzione della prova. Gli aspetti da considerare sono: la tipologia di strada (rettilinea con basso gradiente nelle due direzioni orizzontali); le condizioni meteorologiche; le condizioni di traffico (TGM 5000 veicoli giornalieri come media annua, di cui tra il 10 e il 25% devono essere veicoli pesanti cioè > 7500 kg); condizioni della superficie stradale.

Le prestazioni richieste per gli inserti stradali catarifrangenti dopo le prove su strada, sono le seguenti:

Tabella 23: Inserti Stradali Catarifrangenti - Prestazioni per gli utenti della strada

Valutazione	Classe	Caratteristiche rilevate
Primaria *	S1	42 o più inserti rimanenti
Visibilità notturna	R2	R medio compreso tra il 50 e il 99% del valore specificato nella Tabella n. 18
Visibilità diurna	DV1	Il fattore di luminanza non deve essere minore dell'80% del valore esposto nella Tabella n. 19

* Dopo il periodo di prova prescritto si contano i dispositivi catadiottrici rimasti.



3 SEGNALETICA VERTICALE

3.1 SEGNALI VERTICALI PERMANENTI CON MATERIALE RETRORIFLETTENTE DELLA FACCIA A VISTA REALIZZATA CON TECNOLOGIA A MICROSFERE DI VETRO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- H.02.0001 Segnale triangolare in lamiera di alluminio pell. Cl. RA1
- H.02.0002 Segnale triangolare in lamiera di alluminio pell. livello prestazionale RA2
- H.02.0003 Segnale triangolare in lamiera di ferro pell. Cl. RA1
- H.02.0004 Segnale triangolare in lamiera di ferro pell. livello prestazionale RA2
- H.02.0005 Segnale circolare in lamiera di alluminio pell. Cl. RA1
- H.02.0006 Segnale circolare in lamiera di alluminio pell. livello prestazionale RA2
- H.02.0007 Segnale circolare in lamiera di ferro pell. Cl. RA1
- H.02.0008 Segnale circolare in lamiera di ferro pell. livello prestazionale RA2
- H.02.0009 Segnale romboidale o quadrato in lamiera di alluminio pell. Cl. RA1
- H.02.0010 Segnale romboidale o quadrato in lamiera di alluminio pell. livello prestazionale RA2
- H.02.0011 Segnale romboidale o quadrato in lamiera di ferro pell. Cl. RA1
- H.02.0012 Segnale romboidale o quadrato in lamiera di ferro pell. livello prestazionale RA2
- H.02.0013 Segnale ottagonale in lamiera di ferro pell. livello prestazionale RA2
- H.02.0014 Segnale ottagonale in lamiera di alluminio pell. livello prestazionale RA2
- H.02.0015 Fornitura di segnale Croce di S.Andrea in lamiera di alluminio pell. Cl. RA1
- H.02.0016 Pannelli distanziometrici di passaggio a livello con pellicola
- H.02.0017 Pannelli aggiuntivi, integrativi e di indicazione pell. RA1
- H.02.0018 Pannelli aggiuntivi, integrativi e di indicazione pell. livello prestazionale RA2
- H.02.0019 Pannelli aggiuntivi, integrativi e di indicazione in lamiera di ferro
- H.02.0036 Posa in opera di cippo ettometrico bifacciale
- H.02.0050 Segnale triangolare in lamiera di alluminio pell. livello prestazionale superiore
- H.02.0055 Segnale circolare in lamiera di alluminio pell. livello prestazionale superiore
- H.02.0060 Segnale romboidale o quadrato in lamiera di alluminio pell. livello prestazionale superiore
- H.02.0065 Segnale ottagonale in lamiera di alluminio pell. livello prestazionale superiore
- H.02.0070 Pannelli aggiuntivi, integrativi e di indicazione pell. livello prestazionale superiore
- H.02.0040 Posa in opera di segnaletica stradale su paletti esistenti
- H.02.0045 Rimozione di segnale stradale normale o maggiorato
- H.02.0046 Rimozione di segnale di preavviso
- H.02.0035 Posa in opera di segnali



3.1.1 Caratteristiche prestazionali del materiale retroriflettente della faccia a vista realizzata con tecnologia in microsferi di vetro di classe RA1 e RA2 e materiale retroriflettente realizzato con tecnologia a microprismi

Visibilit  diurna dei segnali verticali (Coordinate cromatiche e fattore di luminanza). Nel caso in cui i materiali o prodotti applicati nei lavori appaltati siano oggetto di norme europee armonizzate, cio  norme adottate dall' European Committee for Standardization (CEN) sulla base di un mandato (inteso come richiesta formale di normazione) della Commissione Europea e in cui   previsto l'apposizione del marchio "CE" sui prodotti, l'appaltatore dovr  produrre la certificazione contemplata dalle norme armonizzate in possesso dei produttori o dei fornitori, **prima** dell'applicazione dei prodotti/materiali nel cantiere stradale.

La UNI EN 12899-1 (*Segnaletica verticale permanente per il traffico stradale – Parte 1: segnali permanenti*)   la norma europea armonizzata a cui fare riferimento in merito ai requisiti richiesti per la fornitura dei segnali verticali permanenti per la segnaletica stradale. Per tale norma la data in cui   terminata la coesistenza con le norme e i regolamenti nazionali, inerenti o contraddittori,   stata il 31/12/2012.

Dal 1 gennaio 2013 le prestazioni visive e quelle tecnologiche, previste per i segnali verticali permanenti realizzati con materiale retroriflettente a faccia vista che utilizza le microsferi di vetro, sono quelle descritte e tabellate nella norma armonizzata. Eventuali indicazioni sui materiali retroriflettenti che utilizzano la tecnologia a microprismi e i materiali che presentano le superfici a faccia vista fluoro-rifrangente, come quelle rilevabili dalla UNI 11480, **non sono inclusi nella norma armonizzata**. Le prestazioni dei materiali retroriflettenti microprismatici sono invece riportati nella Valutazione Tecnica Europea di pertinenza (European Technical Approval), ex Benestare Tecnico Europeo, cos  come indicato nel punto 4.2 della UNI EN 12899-1. Nel caso in cui l'oggetto dell'appalto contempli l'utilizzo di materiali non coperti dalla norma armonizzata, l'appaltatore dovr  fornire le specifiche di prestazione contenute nella Valutazione Tecnica Europea, cio  "*la valutazione documentata della prestazione di un prodotto da costruzione, in relazione alle sue caratteristiche essenziali, conformemente al rispettivo documento per la valutazione europea*".

Nell'ambito dell'evoluzione delle tecnologie relative alla fabbricazione di pellicole con superficie a faccia vista retroriflettente, oltre alla pellicole a microsferi sono disponibili anche le pellicole a microprismi, corrispondenti alle classi 1 e 2 (a normale e ad alta risposta luminosa), cos  come classificate nel Disciplinare Tecnico del MIT del 31/03/1995. Tali pellicole, insieme alle pellicole a microsferi, sono attualmente descritte nel Rapporto Tecnico UNI 11480 (*Linea guida per la definizione di requisiti tecnico-funzionali della segnaletica (permanente) in applicazione della UNI EN 12899-1*)

In base alle indicazioni derivanti dalla norma armonizzata e in relazione alle disposizioni non contraddittorie prescritte dalle norme cogenti, Codice della Strada, Regolamento di Attuazione e Disciplinare tecnico del 31/03/95 sulle pellicole retroriflettenti, in merito alle caratteristiche colori-



metriche dei segnali e in relazione ai colori previsti in Italia per la segnaletica verticale, di cui all'art. 78 del Regolamento, la tabella di riferimento per le coordinate cromatiche e i fattori di luminanza è quella riportata nel prospetto 1 della norma europea. Nella seguente **tabella rettificata** non è stato incluso il colore verde scuro (l'ottavo nell'elenco di cui al prospetto 1), in quanto non esplicitamente contemplato fra i colori prescritti dalla norma cogente italiana. Alla tabella è stato aggiunto, in base a quanto indicato dal Regolamento all'art. 78, comma 2, lettera "f", il colore nero che, pur non avendo coordinate cromatiche, deve garantire un fattore di luminanza $\beta \leq 0,03$.

Le coordinate cromatiche della tabella 24 sono valide per le pellicole di classe RA1, RA2 (a microsfere e a microprismi) e per le pellicole di livello prestazionale superiore realizzate con la tecnologia a microprismi.

•

Tabella 24: Coordinate cromatiche in condizioni diurne e fattori di luminanza - Classe CR1

Colore	Coordinate dei 4 punti che delimitano le zone consentite (regioni colorimetriche) nel diagramma colorimetrico CIE 1931 - Illuminante D65 - Geometria 45/0 - Coordinate cromatiche in condizioni diurne e fattori di luminanza per i colori dei segnali verticali di cui all'art. 78 del Regolamento di attuazione del N.C.d.S.					Fattore di luminanza β	
		1	2	3	4	Pellicole	
						Classe RA1	Classe RA2
Bianco	x	0,355	0,305	0,285	0,335	$\geq 0,35$	$\geq 0,27$
	y	0,355	0,305	0,325	0,375		
Giallo (RA1)	X	0,522	0,470	0,427	0,335	$\geq 0,27$	
	y	0,477	0,440	0,483	0,465		
Giallo (RA2)	x	0,545	0,487	0,427	0,465		$\geq 0,16$
	y	0,454	0,423	0,483	0,534		
Arancio	x	0,610	0,535	0,506	0,570	$\geq 0,17$	$\geq 0,14$
	y	0,390	0,375	0,404	0,429		
Rosso	x	0,735	0,674	0,569	0,655	$\geq 0,05$	$\geq 0,03$
	y	0,265	0,236	0,341	0,345		
Blu	x	0,078	0,150	0,210	0,137	$\geq 0,01$	$\geq 0,01$
	y	0,171	0,220	0,160	0,038		
Verde	x	0,007	0,248	0,177	0,026	$\geq 0,04$	$\geq 0,03$
	y	0,703	0,409	0,362	0,399		
Marrone	x	0,455	0,523	0,479	0,558	$0,03 \leq \beta \leq 0,09$	
	y	0,397	0,429	0,373	0,394		
Grigio	x	0,350	0,300	0,285	0,335	$0,12 \leq \beta \leq 0,18$	
	y	0,360	0,310	0,325	0,375		
Nero	-	-	-	-	-	$\beta \leq 0,03$	



Visibilit  norturna dei segnali verticali (Coefficiente di retroriflessione R_A). Per la misura della visibilit  norturna dei segnali verticali, il cui materiale retroriflettente della faccia a vista sono microsfero di vetro, si utilizza la procedura specificata nel quaderno CIE 54.2 e si utilizza un illuminante normalizzato codificato con la lettera "A". La Tabella 25, di cui al prospetto 3 della norma armonizzata,   attualmente inclusa nella Linea Guida UNI 11480 "*Linea guida per la definizione di requisiti tecnico funzionali della segnaletica verticale (permanente) in applicazione alla UNI EN 128991:2008*". Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, con le "istruzioni e linee guida per la fornitura e posa in opera della segnaletica orizzontale" del 5 agosto 2013, Prot. n. 4867/RU, in merito al materiale retroriflettente della faccia a vista dei segnali, precisa che "*pu  essere utilizzata anche la classe inferiore RA1 (v. prospetto 3 della norma armonizzata), ma solo limitatamente ai casi in cui ci    consentito (v. art. 79, cc. 10, 11, 12 e 13, del Regolamento), e ove sia prevista una vita utile del segnale stradale inferiore ai 10 anni*".

La versione pi  recente della UNI 11480, integra tale indicazione, contemplando tra le varie tipologie di pellicole, a microsfero e a microprismi, anche quelle di classe RA1.

La pellicola retroriflettente, classificata nella norma UNI EN 12899-1 con la sigla RA1, corrisponde alla pellicola a microprismi classificata dalla UNI 11480 con la definizione di "*materiale retroriflettente di prestazione inferiore*"; omologa della pellicola realizzata con tecnologia a microsfero e definita nel *Disciplinare Tecnico del MIT del mese di marzo del 1995 come "pellicola retroriflettente a normale risposta luminosa"*.

In merito alla scelta del tipo di pellicola rifrangente da adottare, il Regolamento di esecuzione e attuazione del nuovo Codice della strada (DPR 495/1992), al riguardo esplicita i criteri da osservare:

- l'importanza del segnale;
- il messaggio trasmesso all'utente ai fini della sicurezza;
- l'ubicazione e l'altezza rispetto alla carreggiata;
- la velocit  locale prescritta;
- l'illuminazione esterna;
- le caratteristiche climatiche;
- il posizionamento del segnale in relazione alle condizioni orografiche o planoaltimetriche dell'itinerario stradale.



Angoli di misura		Colori							
Osservazione α	Illuminazione β_1	Bianco	Giallo	Rosso	Verde	Blu	Marrone	Arancio	Grigio
12'	5°	70	50	14,5	9	4	1	25	42
	30°	30	22	6	3,5	1,7	0,3	10	18
	40°	10	7	2	1,5	0,5	#	2,2	6
20'	5°	50	35	10	7	2	0,6	20	30
	30°	24	16	4	3	1	0,2	8	14,4
	40°	9	6	1,8	1,2	#	#	2,2	5,4
2°	5°	5	3	1	0,5	#	#	1,2	3
	30°	2,5	1,5	0,5	0,3	#	#	0,5	1,5
	40°	1,5	1	0,5	0,2	#	#	#	0,9

Nota: il simbolo “#” indica un valore > 0, ma non significativo o applicabile.

La tabella di cui al prospetto 4 della norma armonizzata UNI EN 12899-1 è inclusa nella norma volontaria UNI 11480 ed è relativa ai materiali retroriflettenti definiti “di livello prestazionale di base”, livello corrispondente alle pellicole di Classe 2 realizzate con tecnologia a microsferi e più note come “*pellicole retroriflettenti ad alta risposta luminosa*” di cui al Disciplinare Tecnico del MIT del mese di marzo 1995. I valori di RA, relativi alla visibilità notturna, riportati per i vari colori nella Tabella n. 26, sono quelli contemplati dall'art. 79, comma 12, del Regolamento: “*L'impiego delle pellicole rifrangenti ad elevata efficienza (classe 2) è obbligatorio nei casi in cui è esplicitamente previsto, e per i segnali: dare precedenza, fermarsi e dare precedenza, dare precedenza a destra, divieto di sorpasso, nonché per i segnali di preavviso e di direzione di nuova installazione. Il predetto impiego è facoltativo per i segnali: divieto di accesso, limiti di velocità, direzione obbligatoria, delineatori speciali*”, e ove sia prevista una vita utile del segnale stradale uguale a 10 anni. Nel prospetto 4 della UNI EN 12899-1 le prestazioni di visibilità notturna dei materiali retroriflettenti della faccia a vista realizzata con tecnologia a microsferi, sono classificate “RA2”.

Tabella 26: Coefficiente di retroriflessione RA (unità: cd lx-1 m-2) - Classe RA2

Angoli di misura		Colori							
Osservazione α	Illuminazione β_1	Bianco	Giallo	Rosso	Verde	Blu	Marrone	Arancio	Grigio
12'	5°	250	170	45	45	20	12	100	125
	30°	150	100	25	25	11	8,5	60	75
	40°	110	70	15	12	8	5	29	55
20'	5°	180	120	25	21	14	8	65	90
	30°	100	70	14	12	8	5	40	50
	40°	95	60	13	11	7	3	20	47
2°	5°	5	3	1	0,5	0,2	0,2	1,5	2,5
	30°	2,5	1,5	0,4	0,3	#	#	1	1,2



	40°	1,5	1	0,3	0,2	#	#	#	0,7
--	-----	-----	---	-----	-----	---	---	---	-----

Nota: - il simbolo “#” indica un valore > 0, ma non significativo o applicabile;

- nella Tabella 26 è stata omessa la colonna di valori di R_A relativa al colore verde scuro.

Il Coefficiente di retroriflessione R_A di tutti i colori ottenuti con **stampa serigrafica** sul colore bianco di base, eccetto il bianco, non deve essere inferiore al 70% dei valori riportati nelle Tabelle nn. 26 25 e 26, per i segnali di classe RA1 e RA2.

Durabilità. Per verificare la costanza delle prestazioni nel tempo della visibilità diurna e notturna dei materiali retroriflettenti realizzati con la faccia a vista con la tecnologia a microsferi di vetro, la norma armonizzata prescrive due modalità di verifica: l'invecchiamento naturale, con esposizione dei campioni per 3 anni inclinati a 45° rivolti verso sud, in conformità al Metodo A della UNI EN ISO 877-1, e l'invecchiamento artificiale per un periodo di tempo pari a 2000 ore, in conformità alla norma UNI EN ISO 4892-2, utilizzando i parametri prescritti nel prospetto 5 della UNI EN 12899-1.

Al termine della prova di invecchiamento prescelta, naturale o strumentale, le coordinate cromatiche ed il fattore di luminanza di ciascun colore previsto nella Tabella 24, non dovrà subire variazioni: per quanto attiene alla visibilità diurna dei segnali, il fattore di luminanza dovrà essere uguale o maggiore dei valori prescritti per i campioni tal quali e le coordinate cromatiche dovranno essere contenute nel box cromatico definito per ciascun colore; per quanto riguarda la visibilità notturna, le caratteristiche fotometriche, elencate per ciascun colore per le pellicole di classe RA1 e RA2 nelle Tabelle 25 e 26, misurate con un angolo di osservazione di 20' e con gli angoli di illuminazione di 5° e 30°, **non dovranno essere minori dell'80%** dei valori elencati nelle predette tabelle.

Coefficiente di retroriflessione R_A dei segnali stradali verticali al termine degli anni di esposizione in condizioni normali di utilizzo. Dopo la prova di invecchiamento naturale o accelerato, ovvero al termine dei 7 anni e 10 anni di durata garantita dei segnali, il coefficiente R_A delle pellicole di classe RA1 e RA2, misurato con gli angoli di osservazione e illuminazione prescritti, non dovrà **essere inferiore ai valori indicati rispettivamente nelle Tabelle nn. 27 e 28.**

Tabella 27: Coefficiente di retroriflessione R_A (unità: cd lx-1 m-2) - Classe RA1 – Al termine dei 7 anni di esposizione in condizioni normali di utilizzo

Angoli di misura		Colori							
Osservazione	Illuminazione	Bianco	Giallo	Rosso	Verde	Blu	Marrone	Arancio	Grigio



α	β_1								
20'	5°	40	28	8	5,6	2	0,48	16	24
	30°	19,2	12,8	3,2	2,4	1	0.16	6,4	11,5

Tabella 28: Coefficiente di retroriflessione RA (unità: cd lx-1 m-2) - Classe RA2 – Al termine dei 10 anni di esposizione in condizioni normali di utilizzo

Angoli di misura		Colori							
Osservazione α	Illuminazione β_1	Bianco	Giallo	Rosso	Verde	Blu	Marrone	Arancio	Grigio
20'	5°	144	96	20	16,8	11,2	6,4	52	72
	30°	80	56	11,2	9,6	6,4	4	32	40

Il Coefficiente di retroriflessione R_A di tutti i colori ottenuti con stampa serigrafica sul colore bianco di base, eccetto il bianco, dopo la prova di invecchiamento naturale o accelerato, ovvero al termine dei 7 anni e 10 anni di durata garantiti dei segnali, non deve essere inferiore al **56%** dei valori riportati nelle Tabelle nn. 26 e 27, per i segnali di classe RA1 e RA2, relativamente alle misure effettuate ad un angolo di osservazione di 20' e un angolo di illuminazione di 5° e 30°.

Per quanto concerne la garanzia sulla durabilità del materiale retroriflettente della faccia a vista del segnale, l'appaltatore si dovrà assicurare e dovrà darne evidenza con la relativa certificazione, che **le prestazioni colorimetriche e fotometriche delle pellicole di classe RA1, incluse le pellicole di livello prestazionale inferiore realizzate con tecnologia a microprismi, avranno un durata minima di 7 anni e le pellicole di classe RA2, incluse le pellicole di livello prestazionale base realizzate con tecnologia a microprismi, avranno una durata minima di 10 anni**, al termine dei relativi periodi le coordinate cromatiche e il fattore di luminanza saranno ancora coerenti con i valori elencati nella Tabella n. 24, mentre valori fotometrici saranno uguali o maggiori ai valori indicati nelle Tabelle nn. 27 e 28.

Come previsto dal paragrafo 9.2 della UNI EN 12998-1, le pellicole retroriflettenti utilizzate per la realizzazione dei segnali stradali verticali permanenti, devono avere un marchio di identificazione visibile e durevole, un tempo analogo a quello che il fabbricante o il fornitore garantiscono per la durata del prodotto. Il marchio deve contenere:

- il logo o il nome del fabbricante;
- il codice identificativo del prodotto;
- la classe di prestazione e, come informazione supplementare,



- gli anni di garanzia della durata della pellicola, 7 anni (RA1) o 10 anni (RA2) per le pellicole realizzate con la tecnologia a microsfere di vetro e per le pellicole realizzate con la tecnologia a microprismi.

3.1.2 Caratteristiche tecnologiche del materiale retroriflettente della faccia a vista realizzata con tecnologia in microsfere di vetro

Resistenza all'impatto. La prova ha la finalità di verificare la resistenza delle pellicole agli urti accidentali di inerti o altri corpi di modeste dimensioni proiettati verso il materiale retroriflettente della faccia a vista. La pellicola, sottoposta all'impatto di una massa di 450 g lasciata cadere da un'altezza di 220 mm, non deve presentare incrinature e/o delaminazione fuori da un cerchio con raggio di 6 mm dal centro del punto di impatto.

Sostanze pericolose. I materiali utilizzati nei prodotti (inchiostri serigrafici, pigmenti per la colorazione del materiale plastico, altre sostanze utilizzate nel processo di fabbricazione del prodotto) non devono rilasciare alcuna sostanza pericolosa in eccesso rispetto ai livelli consentiti dalla normativa comunitaria (SVHC del Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals - REACH) o da quella nazionale.

3.2 SEGNALI VERTICALI PERMANENTI CON MATERIALE RETRORIFLETTENTE DELLA FACCIA A VISTA DI LIVELLO PRESTAZIONALE SUPERIORE

3.2.1 Caratteristiche prestazionali del materiale retroriflettente della faccia a vista realizzata con tecnologia a microprismi

Visibilità diurna dei segnali verticali (Coordinate cromatiche e fattore di luminanza). Per i prodotti realizzati con materiali retroriflettenti con la tecnologia a microprismi non esiste un mandato dell'Unione europea per redigere una norma armonizzata. Le prestazioni dei materiali retroriflettenti microprismatici sono riportati nella Valutazione Tecnica Europea (European Technical Approval) di pertinenza, così come indicato nel punto 4.2 della UNI EN 12899-1. Nel caso in cui l'oggetto dell'appalto contempli l'utilizzo di materiali non coperti dalla norma armonizzata, l'appaltatore dovrà fornire la dichiarazione di prestazione (DoP) redatta dal fabbricante e la Valutazione Tecnica Europea rilasciata da un Organismo autorizzato (TAB). In Italia sono state emanate dall'UNI due norme volontarie afferenti tale tipologia di prodotti: la UNI 11122:2004 "Caratteristiche prestazionali dei materiali per segnaletica verticale con tecnologia a microprismi" e la UNI 11480:2016 "Linea guida per la definizione di requisiti tecnico funzionali della segnaletica verticale (permanente) in applicazione alla UNI EN 128991:2008". Le seguenti tabelle sono desunte dalle due



norme volontarie e rappresentano le prestazioni richieste dal presente Capitolato, inerenti la visibilità diurna, quella notturna e le caratteristiche tecnologiche dei segnali verticali forniti dall'appaltatore. Le coordinate cromatiche delle pellicole realizzate con faccia vista retroriflettente con tecnologia a microprismi sono quelle riportate nella tabella 24.

Visibilità notturna dei segnali verticali (Coefficiente di retroriflessione). Per la misura della visibilità notturna dei segnali verticali, il cui materiale retroriflettente della faccia a vista è realizzato con la tecnologia a microprismi, si utilizza la procedura specificata nel quaderno CIE 54.2 e si utilizza un illuminante normalizzato codificato con la lettera "A". I valori di R_A richiesti per tali prodotti sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 29: Coefficiente di retroriflessione R_A (unità: $\text{cd lx}^{-1} \text{m}^{-2}$) dei materiali retroriflettenti di livello prestazionale superiore di cui al prospetto 5 della UNI 11480:2016

Angoli di misura		Colori					
Osservazione α	Illuminazione β_1	Bianco	Giallo	Rosso	Verde	Blu	Arancio
20'	5°	300	195	60	30	19	150
	20°	240	155	48	24	16	120
	30°	165	110	33	17	11	83
	40°	30	20	6	3	2	15
1°	5°	35	23	7	3,5	2,5	18
	20°	30	20	6	3	2	15
	30°	20	13	4	2	1,5	10
	40°	3,5	2	1	#	#	2
1,5°	5°	15	10	3	1,5	1	7,5
	20°	13	8	2,5	1	#	6,5
	30°	9	6	2	#	#	4,5
	40°	1,5	1	#	#	#	1

Nota: - il simbolo "#" indica un valore > 0 , ma non significativo o applicabile;

- i colori marroni e grigio non sono contemplati.

Il coefficiente di retroriflessione di tutti i colori stampati e realizzati con trasparenti protettivi adesivi, eccetto il colore bianco, non deve essere minore del 70% dei valori riportati nella Tabella n. 29 relativa ai materiali con faccia a vista di livello prestazionale superiore.



3.2.2 Caratteristiche tecnologiche del materiale retroriflettente della faccia a vista realizzata con tecnologia a microprismi

La pellicola a microprismi è costituita da un sistema ottico monocomponente, è cioè realizzata con un elevato numero di prismi triedri trirettangoli con una orientazione predeterminata. Il sistema è costituito da una pellicola trasparente superiore che svolge il doppio ruolo di protettivo e di sistema portante il dispositivo ottico. Nella superficie inferiore del film di resina trasparente è stata incisa con appositi stampi, la struttura a microprismi triedri. Lo strato attivo è saldato su un supporto il quale a sua volta, nella parte posteriore, è rivestito con uno strato adesivo protetto dal liner.

L'adozione di pellicole a microprismi per la realizzazione dei segnali stradali, diversamente dalle pellicole che utilizzano il sistema delle sfere di vetro, si presta a un preventivo lavoro di progettazione in funzione della risposta luminosa che si vuole ottenere, in relazione alla distanza visuale dell'osservatore e all'angolo di illuminazione del segnale: in pratica il prodotto si può modellare in funzione dell'obiettivo di visibilità del segnale che si vuole conseguire.

Se comparata con le prestazioni luminose rilevabili nella tradizionale pellicola di classe RA2, contemplate dalla UNI EN 12899-1, il comportamento della pellicola microprismatica, realizzata per avere elevati valori di retroriflessione nelle brevi distanze, presenta notevoli valori di retroriflessione anche alle medie distanze (90 - 180 m). Inoltre, tali pellicole microprismatiche presentano una buona risposta luminosa anche per elevati angoli d'illuminazione (oltre i 40°), ma necessitano di una particolare attenzione durante la fase di montaggio sul supporto, poiché la risposta luminosa dei microprismi può essere modificata dall'orientazione della pellicola: per tale motivo i costruttori **indicano con una freccia d'orientazione la direzione di stesa** della pellicola sul supporto al fine di sfruttare più efficacemente l'azione dei riflettori ottici.

Durabilità. Per verificare la costanza delle prestazioni nel tempo della visibilità diurna e notturna dei materiali retroriflettenti realizzati con la faccia a vista con la tecnologia a microprismi, la norma volontaria UNI 11480, suggerisce due modalità di verifica: l'invecchiamento naturale, con esposizione dei campioni per 3 anni inclinati a 45° rivolti verso sud, in conformità al Metodo A della UNI EN ISO 877-1, e l'invecchiamento artificiale per un periodo di tempo pari a 2000 ore, in conformità alla norma UNI EN ISO 4892-2, utilizzando i parametri prescritti nel prospetto 5 della UNI EN 12899-1.

Al termine della prova di invecchiamento prescelta, naturale o strumentale, le coordinate cromatiche ed il fattore di luminanza di ciascun colore previsto nella Tabella ~~29~~ 24, non dovrà subire variazioni: per quanto attiene alla visibilità diurna dei segnali, il fattore di luminanza non dovrà essere inferiore ai valori prescritti per i campioni tal quali e le coordinate cromatiche dovranno essere contenute nel box cromatico definito per ciascun colore; per quanto riguarda la visibilità notturna, le caratteristiche fotometriche, elencate per ciascun colore nella Tabella 30, misurate con un an-



golo di osservazione di 20' e con gli angoli di illuminazione di 5° e 30°, **non dovranno essere minori dell'80%** dei valori elencati nella predetta tabella. Per quanto concerne la garanzia sulla durabilità del materiale retroriflettente della faccia a vista del segnale, l'appaltatore si dovrà assicurare e dovrà darne evidenza con la relativa certificazione, che **le prestazioni colorimetriche e fotometriche delle pellicole di classe prestazionale superiore con tecnologia a microprismi avranno un durata minima di 12 anni** e, al termine del relativo periodo, le coordinate cromatiche e il fattore di luminanza saranno ancora coerenti con i valori elencati nella Tabella ~~29~~ **24**, mentre valori fotometrici saranno uguali o maggiori al limite percentuale indicato per le prove di invecchiamento (v. Tabella 30).

Coefficiente di retroriflessione R_A dei segnali stradali verticali, realizzati con materiali retroriflettenti di livello prestazionale superiore, al termine degli anni di esposizione in condizioni normali di utilizzo. Dopo la prova di invecchiamento naturale o accelerato, ovvero al termine 12 anni di durata garantita dei segnali, il coefficiente R_A delle pellicole di classe prestazionale superiore, misurato con gli angoli di osservazione e illuminazione prescritti, non dovrà essere inferiore ai valori indicati nella Tabella n. ~~34~~ **30**.

Tabella-30: Coefficiente di retroriflessione R_A (unità: cd lx-1 m-2) dei segnali realizzati con materiali retroriflettenti di livello prestazionale superiore, al termine dei 12 anni di esposizione in condizioni normali di utilizzo

Angoli di misura		Colori					
Osservazione α	Illuminazione β_1	Bianco	Giallo	Rosso	Verde	Blu	Arancio
20'	5°	240	156	48	24	15,2	120
	30°	132	88	26,4	13,6	8,8	66,4

Il Coefficiente di retroriflessione R_A di tutti i colori ottenuti con stampa serigrafica sul colore bianco di base, eccetto il bianco, dopo la prova di invecchiamento naturale o accelerato, ovvero al termine dei 12 anni di durata garantita dei segnali, non deve essere inferiore al **56%** dei valori riportati nella Tabella n. 30, relativamente alle misure effettuate ad un angolo di osservazione di 20' e di illuminazione di 5° e 30°.

Anche il materiale retroriflettente della faccia a vista, realizzato con la tecnologia a microprismi, deve avere un marchio di identificazione visibile e durevole per un periodo di tempo analogo a quello che il fabbricante o il fornitore garantiscono per la durata del prodotto. Il marchio deve contenere:



- il logo o il nome del fabbricante;
- il codice identificativo del prodotto;
- l'indicazione che si tratta di materiali di classe prestazionale superiore,
- gli anni di garanzia della durata della pellicola, **12 anni**.

Resistenza all'impatto. La prova ha la finalità di verificare la resistenza delle pellicole agli urti accidentali di inerti o altri corpi di modeste dimensioni proiettati verso il materiale retroriflettente della faccia a vista. La pellicola, sottoposta all'impatto di una massa di 450 g lasciata cadere da un'altezza di 220 mm, non deve presentare incrinature e/o delaminazione fuori da un cerchio con raggio di 6 mm dal centro del punto di impatto.

Sostanze pericolose. I materiali utilizzati nei prodotti (inchiostri serigrafici, pigmenti per la colorazione del materiale plastico, adesivi, solventi e altre sostanze utilizzate nel processo di fabbricazione del prodotto) non devono rilasciare alcuna sostanza pericolosa in eccesso rispetto ai livelli consentiti dalla normativa comunitaria (SVHC del Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals - REACH) o da quella nazionale.

3.3 SEGNALI VERTICALI PERMANENTI CON MATERIALE FLUORO-RIFRANGENTE DELLA FACCIA A VISTA DI LIVELLO PRESTAZIONALE SUPERIORE

3.3.1 Caratteristiche prestazionali del materiale fluoro-rifrangente della faccia a vista realizzata con tecnologia a microprismi

Visibilità diurna dei segnali verticali (Coordinate cromatiche e fattore di luminanza). In merito ai materiali fluoro-rifrangenti della faccia a vista realizzati con la tecnologia a microprismi, non è stato ancora approvato un mandato della Commissione Europea per redigere una norma armonizzata. Come già accennato nel precedente paragrafo, le prestazioni dei materiali retroriflettenti microprismatici, in assenza di copertura da parte della Commissione, sono riportati nella Valutazione Tecnica Europea (European Technical Approval) così come indicato nel punto 4.2 della UNI EN 12899-1. Nel caso in cui l'oggetto dell'appalto contempli l'utilizzo di materiali non coperti dalla norma armonizzata, l'appaltatore dovrà fornire la dichiarazione di prestazione (DoP) del fabbricante e la Valutazione Tecnica Europea rilasciata da un Organismo riconosciuto (TAB). In merito alle pellicole realizzate con superfici fluoro-rifrangenti, l'UNI ha emanato due norme volontarie afferenti anche a tale tipologia di prodotti: la UNI 11122:2004 "Caratteristiche prestazionali dei materiali per segnaletica verticale con tecnologia a microprismi" e la UNI 11480:2016 "Linea guida per la definizione di requisiti tecnico funzionali della segnaletica verticale (permanente) in applicazione alla UNI EN 128991:2008". Le seguenti tabelle sono desunte dalle due norme volontarie e rappresen-



tano le prestazioni richieste dal presente Capitolato, inerenti la visibilità diurna, quella notturna e le caratteristiche tecnologiche dei segnali verticali fluoro-rifrangenti forniti dall'appaltatore.

Tabella 31: Coordinate cromatiche in condizioni diurne e fattori di luminanza dei materiali fluoro-rifrangenti di livello prestazionale superiore – Prospetto 2 della UNI 11480:2016

Colore	Coordinate dei 4 punti che delimitano le zone consentite (regioni colorimetriche) nel diagramma colorimetrico CIE 1931 - Illuminante D65 - Geometria 45/0					Fattore di luminanza β
		1	2	3	4	
Giallo	x	0,521	0,557	0,479	0,454	$\geq 0,38$
	y	0,424	0,442	0,520	0,491	
Arancio	x	0,595	0,645	0,570	0,531	$\geq 0,25$
	y	0,351	0,355	0,429	0,414	
Giallo Verde	x	0,387	0,460	0,438	0,376	$\geq 0,60$
	y	0,610	0,540	0,508	0,568	

Nota: per i 3 colori di cui al prospetto 31, sono accettabili anche i valori rientranti nel prospetto 2 della UNI 11122:2004.

Visibilità notturna dei segnali verticali (Coefficiente di retroriflessione). Per la misura della visibilità notturna dei segnali verticali, il cui materiale fluoro-rifrangente della faccia a vista è realizzato con la tecnologia a microprismi, si utilizza la procedura specificata nel quaderno CIE 54.2 e si utilizza un illuminante normalizzato codificato con la lettera "A". I valori di R_A richiesti per tali prodotti sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 32: Coefficiente di retroriflessione R_A (unità: $cd\ lx^{-1}\ m^{-2}$) dei materiali fluoro-rifrangenti di livello prestazionale superiore

Angoli di misura		Colori fluoro-rifrangenti		
Osservazione α	Illuminazione β_1	Giallo	Arancio	Giallo - Verde
20'	5°	180	90	240
	20°	18	9	24
	30°	12	6	16
	40°	2	1	2,8
1°	5°	21	10,5	2,8
	20°	18	9	24
	30°	12	6	16



	40°	2	1	2,8
1,5°	5°	9	4,5	12
	20°	7,8	3,9	10,4
	30°	5,4	2,7	7,2
	40°	1	0,5	1,2

Il coefficiente di retroriflessione di tutti i colori stampati e realizzati con trasparenti protettivi adesivi, non deve essere minore del 70% dei valori riportati nella Tabella ~~33~~ 32 relativa ai materiali con faccia a vista fluoro-rifrangente.

3.3.2 Caratteristiche tecnologiche del materiale fluoro-rifrangente della faccia a vista realizzata con tecnologia a microprismi

Le pellicole realizzate con superfici fluoro-rifrangenti, cioè aventi le caratteristiche ottiche di rifrangenza e fluorescenza, hanno la proprietà di assorbire la radiazione dell'ultravioletto ed emetterla nell'intervallo della luce visibile. Le pellicole sono usualmente colorate di giallo, giallo verde o arancio, i colori dove è più elevata la sensibilità dell'apparato visivo dei conducenti. Tale tipo di pellicole si prestano ad essere utilizzate in quelle situazioni in cui le caratteristiche climatiche dei luoghi, dove si articola l'andamento plani-altimetrico del nastro stradale, rendono difficoltosa la visibilità dei segnali da parte degli utenti (presenza di nebbia, presenza di foschia, cielo frequentemente coperto, presenza di particolato sospeso, ecc.). L'uso delle pellicole fluoro-rifrangenti è anche indicato per incrementare la luminanza del segnale nelle aree urbane dove è presente un'eccessiva illuminazione ambientale che limita il contrasto di luminanza tra lo sfondo e la superficie dei segnali, in modo particolare nelle brevi distanze (angolo di osservazione di 1° e 1,5°), mentre nelle aree extraurbane, nelle predette condizioni atmosferiche, si ha un aumento della visibilità del segnale da parte dell'utente (angolo di osservazione di 12' e 20'). Per la descrizione delle caratteristiche tecniche della pellicola a microprismi si rinvia al relativo paragrafo.

Durabilità. Per verificare la costanza delle prestazioni nel tempo della visibilità diurna e notturna dei materiali retroriflettenti realizzati con la faccia a vista fluoro-rifrangente con la tecnologia a microprismi, la norma volontaria UNI 11480, suggerisce due modalità di verifica: l'invecchiamento naturale, con esposizione dei campioni per 3 anni inclinati a 45° rivolti verso sud, in conformità al Metodo A della UNI EN ISO 877-1, e l'invecchiamento artificiale per un periodo di tempo pari a 2000 ore, in conformità alla norma UNI EN ISO 4892-2, utilizzando i parametri prescritti nel prospetto 5 della UNI EN 12899-1.

Al termine della prova di invecchiamento prescelta, naturale o strumentale, le coordinate cromatiche ed il fattore di luminanza di ciascun colore previsto nella Tabella ~~32~~ 31, non dovrà subire va-



riazioni; per quanto attiene alla visibilità diurna dei segnali, il fattore di luminanza non dovrà essere inferiore ai valori prescritti per i campioni tal quali e le coordinate cromatiche dovranno essere contenute nel box cromatico definito per ciascun colore; per quanto riguarda la visibilità notturna, le caratteristiche fotometriche, elencate per ciascun colore nella Tabella ~~33~~ 32, misurate con un angolo di osservazione di 20' e con gli angoli di illuminazione di 5° e 30°, **non dovranno essere minori dell'80%** dei valori elencati nella predetta tabella.

Per quanto concerne la garanzia sulla durabilità del materiale retroriflettente della faccia a vista del segnale, l'appaltatore si dovrà assicurare e dovrà darne evidenza con la relativa certificazione, che **le prestazioni colorimetriche e fotometriche delle pellicole di classe prestazionale superiore fluoro-rifrangente con tecnologia a microprismi avranno un durata minima di 10 anni** e, al termine del relativo periodo, le coordinate cromatiche e il fattore di luminanza saranno ancora coerenti con i valori elencati nella Tabella 31, mentre valori fotometrici saranno uguali o maggiori al limite percentuale indicato per le prove di invecchiamento.

Coefficiente di retroriflessione R_A dei segnali stradali verticali, realizzati con materiali fluoro-rifrangenti di livello prestazionale superiore, al termine degli anni di esposizione in condizioni normali di utilizzo. Dopo la prova di invecchiamento naturale o accelerato, ovvero al termine 10 anni di durata garantita dei segnali, il coefficiente R_A delle pellicole fluoro-rifrangenti di classe prestazionale superiore, misurato con gli angoli di osservazione e illuminazione prescritti, non dovrà essere inferiore ai valori indicati nella Tabella n. 33.

Tabella 33: Coefficiente di retroriflessione R_A (unità: $cd\ lx^{-1}\ m^{-2}$) di materiali fluoro-rifrangenti di livello prestazionale superiore al termine dei 10 anni di esposizione in condizioni normali di utilizzo

Angoli di misura		Colori fluoro-rifrangenti		
Osservazione α	Illuminazione β_1	Giallo	Arancio	Giallo - Verde
20'	5°	144	72	192
	30°	9,6	4,8	12,8

Il Coefficiente di retroriflessione R_A di tutti i colori ottenuti con stampa serigrafica sul colore bianco di base, eccetto il bianco, dopo la prova di invecchiamento naturale o accelerato, ovvero al termine dei 10 anni di durata garantita dei segnali, non deve essere inferiore al **56%** dei valori riportati nella Tabella n. 32, relativamente alle misure effettuate ad un angolo di osservazione di 20' e un angolo di illuminazione di 5° e 30°.



Anche il materiale fluoro-rifrangente della faccia a vista, realizzato con la tecnologia a microprismi, deve avere un marchio di identificazione visibile e durevole per un periodo di tempo analogo a quello che il fabbricante o il fornitore garantiscono per la durata del prodotto. Il marchio deve contenere:

- il logo o il nome del fabbricante;
- il codice identificativo del prodotto;
- l'indicazione che si tratta di materiali di classe prestazionale superiore,
- gli anni di garanzia della durata della pellicola, **10** anni.

Resistenza all'impatto. La prova ha la finalità di verificare la resistenza delle pellicole agli urti accidentali di inerti o altri corpi di modeste dimensioni proiettati verso il materiale retroriflettente della faccia a vista. La pellicola, sottoposta all'impatto di una massa di 450 g lasciata cadere da un'altezza di 220 mm, non deve presentare incrinature e/o delaminazione fuori da un cerchio con raggio di 6 mm dal centro del punto di impatto.

Sostanze pericolose. I materiali utilizzati nei prodotti (inchiostri serigrafici, pigmenti per la colorazione del materiale plastico, adesivi, solventi e altre sostanze utilizzate nel processo di fabbricazione del prodotto) non devono rilasciare alcuna sostanza pericolosa in eccesso rispetto ai livelli consentiti dalla normativa comunitaria (*SVHC del Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals - REACH*) o da quella nazionale.

3.4 PANNELLI, SOSTEGNI E FISSAGGI UTILIZZATI PER L'ALLESTIMENTO DEI SEGNALI VERTICALI PERMANENTI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **H.02.026** Fornitura di sostegni ad "U" in metallo zincato a caldo
- **H.02.027** Fornitura di sostegni in metallo zincato a caldo
- **H.02.028** Fornitura di sostegni tubolari in metallo zincato a caldo
- **H.02.029** Fornitura di sostegni tubolari ad arco in metallo zincato a caldo del diametro di 30 mm e per segnali circolari di diametro di 60 cm
- **H.02.030** Fornitura di sostegni tubolari ad arco in metallo zincato a caldo del diametro di 30 mm e per segnali circolari di diametro di 90 cm
- **H.02.031** Fornitura di sostegni tubolari a muro in metallo zincato a caldo del diametro di 60 mm per il sostegno di segnali circolari, triangoli e targhe



- **H.02.032** Base mobile circolare per innesto tubo da diametro 48 o 60 mm
- **H.02.033** Fornitura di gruppo di aggancio per sostegno tubolare
- **H.02.034** Posa in opera di sostegni per segnali

3.4.1 Caratteristiche prestazionali

Segnaletica permanente

Per segnale si intende il pannello, cioè il supporto completo degli elementi di rinforzo e dei fissaggi, con applicato il materiale retroriflettente costituente la faccia a vista. Per segnale completo si intende invece l'insieme che include il segnale ed il sostegno (UNI EN 12899-1). I seguenti componenti dei segnali completi dovranno avere la marcatura CE in conformità alla UNI EN 12899-1:

- la pellicola retroriflettente applicata al supporto;
- il segnale;
- il sostegno.

Per quanto riguarda inoltre i componenti del segnale, materiali retroriflettenti delle facce a vista, pannelli e sostegni, essi dovranno essere conformi ai requisiti prestazionali definiti dalla norma UNI 11480, ad eccezione dei requisiti relativi alla spinta del vento, che dovranno essere della classe WL6 e, nelle zone più esposte, almeno della classe WL7, come raccomandato dalla Direttiva del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n° 4867/RU del 5/8/2013. Sul retro dei segnali, oltre a quanto previsto dalla norma UNI EN 12899-1 (marchio CE), dovrà essere indicato quanto previsto dall'art. 77, comma 7, del Regolamento di esecuzione ed attuazione del Codice della strada, pubblicato con D.P.R. 16 dicembre 1992, n° 495 e succ. mod. Il segnale completo ovvero i suoi componenti devono essere forniti con il certificato di conformità CE, e riportare la marcatura CE di cui all'appendice ZA della Norma UNI EN 12899-1.

Segnaletica temporanea

Come previsto dalla Direttiva del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n° 4867/RU del 5/8/2013, per la realizzazione delle facce a vista della segnaletica verticale temporanea dovrà ritenersi idoneo l'utilizzo di pellicole retroriflettenti che abbiano ottenuto la marcatura CE ai sensi della Norma armonizzata, senza alcun obbligo di ulteriori certificazioni, purché in coerenza con quanto previsto dal Regolamento e dal Decreto Ministeriale 10 luglio 2002 "Disciplinare tecnico relativo agli schemi segnaletici differenziati per categoria di strada da adottare per il segnalamento temporaneo".

Prestazioni strutturali



La norma armonizzata UNI EN 12899-1 elenca e descrive le prestazioni che le strutture e gli elementi di montaggio che costituiscono il "sistema" segnale verticale devono avere per soddisfare i requisiti essenziali prescritti dal Regolamento (UE) n. 305/2011. Tali strutture ed elementi possono essere realizzati in acciaio, alluminio, legno ed altri materiali, come le fibre polimeriche rinforzate e le materie plastiche (materiali elencati anche nelle *"Istruzioni e linee guida per la fornitura e posa in opera della segnaletica verticale"*, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Agosto 2013).

Tutti i componenti che costituiscono il "sistema" segnale verticale (pannello, sostegni e fissaggi) devono sostenere la pressione dei carichi statici e dinamici dovuti a fattori esogeni a cui il sistema è sottoposto. In particolare, i carichi dinamici sono causati dalla spinta del vento e dalla rimozione della neve, mentre i carichi statici risultano dalla combinazione del peso dei singoli componenti del segnale finito quali il supporto, i rinforzi, i sostegni, i fissaggi, ecc.. Nel censimento dei carichi, sono inclusi anche quelli concentrati, quando sono interessate, dalla spinta dei vari fattori considerati, singole parti del sistema, ad esempio la neve che è premuta, in fase di rimozione, su una parte del segnale montato in modo asimmetrico su un singolo sostegno.

Le deformazioni da calcolare o determinare devono essere quelle tra il segnale e il sostegno, oppure tra sostegni e basamento. Le deformazioni da calcolare o verificare sono sia quelle temporanee dovute al carico del vento, sul pannello e sui sostegni, sia quelle permanenti dovute al carico del vento, al carico della neve dinamico, al carico concentrato e al carico statico.

La norma armonizzata prescrive che la verifica delle prestazioni può essere effettuata sia attraverso il calcolo, sia attraverso le prove, indicando in tal caso gli **eurocodici** dedicati ai singoli materiali, al fine di riscontrare la conformità del calcolo delle prestazioni strutturali dei segnali e i loro sostegni e fissaggi. Inoltre, la norma elenca le procedure di prova per la verifica delle prestazioni fisiche dei segnali, i loro sostegni e fissaggi, relativamente alle prove da effettuare sui prototipi realizzati dai fabbricanti.

La norma non prende in considerazione le strutture di sostegno dei grandi portali poiché non ricadono nel campo di applicazione a cui è finalizzata la UNI EN 12899-1.

In riferimento alla norma armonizzata, integrata con le indicazioni della norma volontaria UNI 11480, incluse le rettifiche apportate alla norma volontaria dalla circolare del MIT sopracitata, **le classi richieste dal presente Capitolato** afferenti le caratteristiche prestazionali strutturali previste per i segnali stradali verticali sono le seguenti:

Tabella 35: Prestazioni strutturali dei segnali stradali verticali – Pannelli e sostegni

CARICHI - DEFORMAZIONI	PROSPETTO -PUNTO NORMA	CLASSE RICHIESTA	MATERIALI
------------------------	---------------------------	------------------	-----------



Spinta del vento	8	WL6	Acciaio e Alluminio o altri materiali di cui al prospetto 7 della UNI EN 12899-1 con i relativi valori di γ_m
		WL7*	
Carico dinamico della neve	9	DSL1	
Carichi concentrati	10	PL1	
Deformazione temporanea massima del pannello - Flessione	11	TDB5	
Deformazione temporanea massima dei sostegni - Torsione**	12	TDT3	
Deformazioni permanenti	5.4.2	<= 20% di TDB5	

* In zone particolarmente esposte

** Il prospetto 12 si applica al singolo sostegno del segnale soggetto a torsione.

Requisiti dei pannelli, dei sostegni e dei fissaggi. I requisiti richiesti per gli elementi costituenti il sistema segnale sono elencati nelle Tabelle nn. 36 e 37.

Tabella 36: Caratteristiche prestazionali richieste per i pannelli

PANNELLI	REQUISITI
Colore * del retro e del bordo	Il colore della parte posteriore e del bordo del pannello deve essere un colore neutro uniforme corrispondente al RAL 7016.
Tolleranze	Le dimensioni dei segnali devono essere conformi a quanto previsto dall'art. 80, comma 1, del DPR n. 495/92. La massima tolleranza ammissibile sulla misura nominale della faccia a vista del pannello è di +7 mm per i segnali con lato inferiore ai 900 mm e dell' 1% per i segnali con dimensioni superiori.
Raggio di curvatura	Il raggio di curvatura dei pannelli non deve essere < 10 mm.
Perforazione della faccia a vista	La faccia a vista del pannello non deve essere perforata per alcun motivo - La classe prescritta è la P3 (Prospetto 13 della UNI EN 12899-1).
Bordo del corpo del pannello	I supporti devono avere un bordo di classe E2 (Prospetto 14 della UNI EN 12899-1) L'altezza minima del bordo, misurata dall'esterno, deve essere per i supporti $\leq 3 \text{ m}^2$ di $15 \pm 3 \text{ mm}$, per quelli $> 3 \text{ m}^2$ l'altezza deve essere di $20 \pm 3 \text{ mm}$.
Resistenza alla corrosione	Le superfici del pannello devono essere protetto dalla corrosione. La classe prescritta è la SP1 (Prospetto 15 della UNI EN 12899-1). La zin-



catura a caldo deve essere conforme alla ISO 1461 ovvero alla EN 10240.

* Il colore RAL 7016 corrisponde al colore "grigio antracite" – Per il controllo con lo spettrocolorimetro, impostato sul sistema CIE 1931, le coordinate cromatiche sono le seguenti: $Y = 2,907$; $x = 0,288$; $y = 0,320$.

Tabella 37: Caratteristiche prestazionali richieste per i sostegni

SOSTEGNI	REQUISITI
Parti superiori	I sostegni a sezione circolare cava devono essere sigillati ermeticamente in alto per impedire l'ingresso dell'acqua.
Resistenza alla corrosione	La classe di resistenza alla corrosione richiesta è la SP1 (<i>Prospetto 15 della UNI EN 12899-1</i>). La zincatura a caldo deve essere conforme alla ISO 1461 ovvero alla EN 10240. Qualunque parte di un sostegno in acciaio o alluminio che deve essere posta sotto terra deve avere un rivestimento protettivo.
Fondazione	I sostegni a sezione circolare cava devono essere dotati di un dispositivo per impedire la rotazione a livello del suolo.

Per quanto concerne i **fissaggi**, questi devono essere compatibili con i sostegni così da impedire lo slittamento oppure la rotazione intorno al sostegno stesso. Qualora sia applicato lo specifico carico dinamico da rimozione neve, verticale o orizzontale, la prestazione strutturale deve essere analoga a quella indicata nella Tabella 35. I fissaggi devono essere protetti dalla corrosione e la classe di resistenza richiesta è la **SP1** (*Prospetto 15 della UNI EN 12899-1*). La zincatura a caldo deve essere conforme alla ISO 1461 ovvero alla EN 10240.

3.4.2 Caratteristiche tecniche

In merito alle caratteristiche tecniche e alle prestazioni richieste per i supporti, si rinvia all'apposito sottoparagrafo collocato in appendice al presente Capitolato (*Sottoparagrafo 24.13*). Le informazioni in merito alle caratteristiche tecniche dei supporti sono state mutate dalla "Linea Guida per la realizzazione e fornitura di segnaletica verticale" curata dall'Associazione (*Assosegnaletica*) che riunisce i produttori di segnaletica verticale e orizzontale aderenti ad **ANIMA** (Federazione di categoria che rappresenta in ambito Confindustria l'Industria Nazionale della *Meccanica Varia ed Affine*). La Linea Guida è attualmente in fase di revisione.



3.5 STRUTTURE A PORTALE PER L'ALLESTIMENTO DEI SEGNALI VERTICALI PERMANENTI

I sostegni a portale, monopali, attraversanti (a cavalletto) o sovrastanti (a bandiera o a farfalla) la sede stradale, saranno realizzati in acciaio o in alluminio con struttura a traliccio.

I portali dovranno essere conformi alle norme EN 12899-1 e UNI EN 12767. Per quanto riguarda i materiali dovrà esserne garantita la tracciabilità.

3.5.1 Struttura a portale in acciaio

I sostegni a portale, saranno realizzati in acciaio del tipo S 275JR. Il trattamento protettivo sarà costituito da una zincatura a caldo in bagno di zinco in vasca secondo le norme UNI EN ISO 1461.

I portali dovranno corrispondere alle seguenti caratteristiche :

- Le strutture avranno l'altezza dei ritti tale da consentire un **franco utile di 5,50 m** dal piano viabile.
- Le strutture devono essere calcolate in base alla zona sismica e all'azione del vento sulla struttura completa di targhe secondo normativa vigente tenendo conto anche della installazione di eventuali pannelli segnaletici luminosi.
- Le strutture devono essere opportunamente sagomate, saldate e rinforzate con fazzoletti di adeguato spessore, rispettando le misure indicate nei relativi calcoli di stabilità che dovranno essere eseguiti da un tecnico progettista abilitato, secondo le vigenti disposizioni di legge incaricato a cura e spese dell'impresa. L'impresa sarà responsabile circa la stabilità delle strutture progettate ed installate.
- L'impresa dovrà garantire il controllo e la stabilità delle saldature secondo il proprio procedimento di saldatura conforme alla norma UNI EN 1418.
- Gli operatori impiegati per la realizzazione delle strutture saldate dovranno possedere il Certificato di Qualifica secondo la norma UNI EN 1418.
- I collegamenti delle strutture devono avvenire mediante flange di dimensioni adeguate e serrate con bulloni di classe 8.8 (verificabili con Chiave dinamometrica) e di sezione adeguate.
- Ancoraggio al plinto di fondazione in calcestruzzo mediante piastre, flange e tirafondi affogati nel calcestruzzo avente almeno di classe C25/30 per una profondità minima di 60 cm, tra loro connessi con collegamenti saldati.
- I plinti di fondazione devono essere armati con barre tonde ad aderenza migliorata del tipo specificato nel calcolo.
- Devono essere presentati alla DL: la relazione di calcolo del portale e del relativo plinto di fondazione con allegati i disegni esecutivi firmati in originale da un Ingegnere progettista



iscritto all'Albo; la determinazione del peso effettivo della struttura, escluso l'armatura delle fondazioni e i supporti di rinforzo delle targhe (IPE).

- I calcoli di stabilità delle strutture a portale e della relativa fondazione, saranno a totale carico dell'Impresa, che rimane altresì l'unica responsabile **per un periodo di dieci anni** dalla data del Certificato di regolare esecuzione, della stabilità statica della struttura.
- Il dimensionamento delle strutture dovrà essere determinato dal progettista incaricato dall'Impresa ed approvato dalla DL secondo le predette procedure.

3.5.2 Struttura a portale in alluminio

I portali dovranno essere eseguiti in tralicci in lega di alluminio estruso che garantiscano un peso ridotto, non tossici e non sono soggetti a corrosione degli agenti atmosferici.

I portali dovranno corrispondere alle seguenti caratteristiche:

- Le strutture avranno l'altezza dei ritti tale da consentire un **franco utile di 5,50 m** dal piano viabile.
- Le strutture devono essere calcolate in base alla zona sismica e all'azione del vento sulla struttura completa di targhe secondo normativa vigente tenendo conto anche della installazione di eventuali pannelli segnaletici luminosi.
- Le strutture devono essere opportunamente sagomate, saldate e rinforzate con fazzoletti di adeguato spessore, rispettando le misure indicate nei relativi calcoli di stabilità che dovranno essere eseguiti da un tecnico progettista abilitato, secondo le vigenti disposizioni di legge incaricato a cura e spese dell'impresa. L'impresa sarà responsabile circa la stabilità delle strutture progettate ed installate.
- L'impresa dovrà garantire il controllo e la stabilità delle saldature secondo il proprio Procedimento di saldatura conforme alla norma UNI EN 1418, Certificato da Ente abilitato.
- Gli operatori impiegati per la realizzazione delle strutture dovranno possedere il Certificato di Qualifica secondo la norma UNI EN 1418.
- I collegamenti delle strutture devono avvenire mediante flange di dimensioni adeguate e serrate con bulloni di classe 8.8 (verificabili con Chiave dinamometrica) e di sezione adeguate.
- Ancoraggio al plinto di fondazione in calcestruzzo mediante piastre, flange e tirafondi affogati nel calcestruzzo avente almeno $R_{ck} = 250 \text{ kg/cm}^2$ per una profondità minima di 60 cm, tra loro connessi con collegamenti saldati.
- I plinti di fondazione devono essere armati con barre tonde ad aderenza migliorata del tipo specificato nel calcolo.
- Devono essere presentati alla DL la relazione di calcolo del portale e del relativo plinto di fondazione con allegati disegni esecutivi firmati in originale da un Ingegnere progettista iscritto all'Albo. Determinazione del peso effettivo della struttura, escluso armatura delle fondazioni e supporti di rinforzo delle targhe (IPE) presso organi competenti, con presentazione di idoneo



documento.

- I calcoli di stabilità delle strutture a portale e della relativa fondazione, saranno a totale carico dell'Impresa, che rimane altresì l'unica responsabile **per un periodo di dieci anni** dalla data del Certificato di regolare esecuzione, della stabilità statica della struttura.
- Il dimensionamento delle strutture dovrà essere determinato dal progettista incaricato dall'Impresa ed approvato dalla DL secondo le predette procedure.

3.5.3 Strutture tubolari

Le strutture tubolari del tipo "a cavalletto", "a bandiera", "a farfalla" o "a palo", per il sostegno di segnaletica stradale, saranno composte da profilati tubolari di produzione standard in S 275JR zincati a caldo e verniciati con prodotti per esterno, satinati opachi, della scala RAL come richiesta dalla DL.

- *Monopalo*: Traliccio di forma tronco-piramidale caratterizzato da un ingombro limitato alla base. La struttura metallica reticolare costituita da tubi a sezione circolare ha l'estremità alta che sborda superiormente alla targa al fine di accentuare l'elemento di verticalità e di consentire un collegamento visivo con la parte inferiore.
- *Bandiera*: Elemento della trave lenticolare, supportata da un pilastro in tubolari metallici a forma di cuneo, che emerge rispetto alla sagoma della trave. L'elemento della trave lenticolare sporge rispetto all'elemento verticale a richiamare la farfalla. L'appoggio di limitato ingombro può essere posizionato anche nelle situazioni più sfavorevoli. La bandiera può avere misure di sbraccio variabili.
- *Farfalla*: Elemento della trave lenticolare, supportata da un pilastro in tubolari metallici a forma di cuneo, che emerge rispetto alla sagoma della trave. L'appoggio di limitato ingombro può essere posizionato anche nelle situazioni più sfavorevoli. La farfalla può essere sia simmetrica sia asimmetrica con misure di sbraccio variabili.
- *Cavalletto*: Portale costituito da una doppia trave lenticolare sovrappassante la sede stradale in corrispondenza delle corsie più eventuale emergenza. I supporti, dovranno essere studiati per supportare le sollecitazioni dovute, principalmente, all'azione del vento e dovrà essere verificato anche al fine di poter supportare l'inserimento delle targhe luminose a messaggio variabile.

4 SEGNALETICA COMPLEMENTARE

4.1 DELINEATORI NORMALI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:



- H.03.006 Fornitura di delineatore di tipo "europeo normalizzato"
- H.03.025 Fornitura di basamento per delineatore "europeo normalizzato" o palina da neve
- H.03.026 Fornitura di supporto per delineatore "europeo normalizzato" o palina da neve

4.1.1 Caratteristiche prestazionali

Nel caso in cui i materiali costituenti i delineatori normali risultino adatti al riciclaggio, è necessario indicare sul delineatore anche il codice di riciclaggio secondo la direttiva europea 94/62/CE.

Prestazioni visive (visibilità diurna):

Tabella 38: Coordinate cromatiche e fattore di luminanza del colore della superficie del delineatore normale (UNI EN 12899-3)

Colore	1		2		3		4		Fattore di luminanza β
	x	y	x	y	x	y	x	y	
Bianco*	0,350	0,360	0,300	0,310	0,290	0,320	0,340	0,370	$\geq 0,75$
Nero*	0,385	0,355	0,300	0,270	0,260	0,310	0,345	0,395	$\geq 0,06$

In base all'art. 173, comma 7 del DPR n. 495/1992 i colori prescritti sono il colore bianco per il corpo del delineatore normale e il colore nero per la fascia di 25 cm posta nella parte superiore del dispositivo.

Prestazioni fisiche:

Tabella 39: Requisiti fisici prescritti per il delineatore normale (UNI EN 12899-3)

Requisito statico*		Resistenza all'urto dinamico**		Invecchiamento naturale***
Carico del vento		Requisito materiale	Requisito funzionale	2 anni di esposizione
Deformazione temporanea	Deformazione permanente	Deformazione permanente	Deformazione permanente	Delineatore inclinato a 45° rivolto verso sud
5%	< 5%	$\leq 5\%$	$\leq 5\%$	Nessuna alterazione cromatica e nessuna rottura dopo la prova di resistenza all'urto

* Con applicazione di un carico, nelle condizioni prescritte, pari a 0,42 kN/m² nella parte centrale del delineatore.

** Per determinare il "requisito materiale", il paraurti a pendolo, delle dimensioni prescritte, con l'estremità superiore a 150 mm rispetto alla parte più alta del delineatore, deve colpire il delineatore con una energia di 150 Nm.



** Per determinare il "requisito funzionale", il paraurti a pendolo, delle dimensioni prescritte, con l'estremità inferiore a 250 mm rispetto alla linea del suolo in cui è fissato il delineatore, deve colpire il delineatore con una energia di 300 Nm.

*** Dopo 2 anni di esposizione alla luce e alle condizioni climatiche naturali, il delineatore deve preservare il colore prescritto e non deve frantumarsi dopo essere stato sottoposto alla prova di resistenza all'urto dinamico con una energia d'urto pari a 150 Nm.

Tra le prestazioni fisiche non è prevista la *prova di resistenza alla corrosione* in quanto la tipologia di delineatore normale richiesta non comporta l'utilizzo di parti metalliche.

Nel presente Capitolato non sono trattati i gli aspetti relativi alla forma e alle dimensioni dei delineatori di margine classificati "D4", cioè quelli da fissare a strutture permanenti come ponti, barriere di protezione e guard rail. Le caratteristiche fotometriche, colorimetriche e le prestazioni fisiche di tali dispositivi sono analoghe a quelle riportate in tabella per gli inserti catarifrangenti per i delineatori normali di margine.

4.1.2 Caratteristiche tecniche

I delineatori di margine secondo la norma europea UNI EN 12899-3. I delineatori normali di margine rientrano tra i segnali complementari stabiliti dall'art.42 del Nuovo Codice della Strada. Dovranno quindi avere i requisiti stabiliti dagli art. 172, 173 e 174 del Regolamento di esecuzione ed attuazione del Nuovo Codice, approvato con D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 e successive modifiche e integrazioni.

Nel caso in cui i materiali o prodotti applicati nei lavori appaltati siano oggetto di norme europee armonizzate, cioè norme predisposte dall'Ente di normazione europeo (CEN) sulla base di un mandato (inteso come richiesta formale di normazione) della Commissione Europea e in cui è previsto l'apposizione del marchio "CE" sui prodotti, l'appaltatore, come di seguito indicato nel paragrafo specifico, dovrà produrre la certificazione contemplata prescritta dalla norma armonizzata e in possesso dei produttori o dei fornitori, prima dell'applicazione dei prodotti/materiali nel cantiere stradale.

In particolare, i delineatori normali di margine sono oggetto della marcatura "CE".

La norma UNI EN 12899-3 contempla che il fabbricante per poter immettere nel mercato europeo la segnaletica permanente deve aver adottato il sistema gestione qualità in base alla UNI EN ISO 9001, aver sottoposto alle verifiche di un organismo terzo tutta la filiera produttiva, rispettato tutte le condizioni e indicazione per la realizzazione dei delineatori normali conformi alla norma europea e, infine, aver ottenuto dall'organismo di certificazione la certificazione di conformità che autorizza il fabbricante ad apporre il marchio CE sui prodotti (il sistema di attestazione previsto per tale tipologia di prodotti è il n. 1). Il fabbricante o il suo rappresentante autorizzato nella EEA sono responsabili dell'applicazione della marcatura CE.



Il simbolo di marcatura CE da applicare deve essere conforme alla Direttiva 93/68/CE e **deve apparire sui delineatori normali** di margine (o, quando non é possibile, puó essere applicato sull'etichetta di accompagnamento, sull'imballaggio o sui documenti commerciali di accompagnamento, per esempio la bolla di consegna).

La norma indica le informazioni che devono accompagnare il simbolo di marcatura CE:

- il numero di identificazione dell'organismo di certificazione;
- nome o marchio di identificazione ed indirizzo registrato del produttore;
- le ultime due cifre dell'anno in cui la marcatura é stata applicata;
- numero del certificato di conformitá CE o del certificato di controllo di produzione in fabbrica ovvero della dichiarazione di prestazione.

Le informazioni devono essere presentate come di seguito indicato e ove applicabile.

Sul prodotto:

- simbolo "CE";
- nome o marchio identificativo del fabbricante;
- numero e anno della norma europea (cioé EN 12899-3).

Nei documenti commerciali d'accompagnamento:

- tutte le informazioni relative al prodotto o all'imballaggio;
- identificazione del tipo di prodotto in conformitá alla EN 12899-3
- indirizzo registrato del produttore;
- le ultime due cifre dell'anno in cui il prodotto é stato fabbricato;
- riferimento all'organismo notificato e numero del certificato di conformitá/dichiarazione di prestazione CE.

In fase di fornitura dei materiali (a pié d'opera), prima dell'installazione degli stessi, l'Appaltatore dovrá produrre la certificazione prescritta dalla norma europea alla DL e gli altri documenti indicati nel paragrafo relativo all'accettazione dei campioni.

Prescrizioni del Regolamento di attuazione del Nuovo Codice della Strada sui delineatori normali di margine. Nel caso in cui sia compresa nell'appalto anche la posa in opera, i delineatori dovranno essere spazati di una distanza costante in rettilineo, al massimo di 50 m, ed infittiti in curva con



criterio differenziale in relazione al raggio di curvatura. Gli intervalli di posa dovranno comunque essere il piú possibile uniformi sullo stesso tratto di strada, in modo da costituire una guida ottica omogenea.

Indicativamente andrà adottata la spaziatura risultante dalla seguente tabella:

Tabella 40: Criterio di collocazione dei delineatori sugli itinerari stradali

Raggio della curva in metri		Spaziatura longitudinale in metri
Fino	a 30	6
Da 30	a 50	8
Da 50	a 100	12
Da 100	a 200	20
Da 200	a 400	30
Oltre	400	Come in rettilineo

Tabella di cui all'art. 173, comma 4 del DPR n. 495/1992

La spaziatura dovrà essere adeguatamente ridotta anche in rettilineo in zone particolarmente nebbiose. I delineatori dovranno essere collocati preferibilmente a non meno di 50 cm dal bordo esterno della carreggiata. L'altezza fuori terra del delineatore dovrà essere compresa fra i 70 e 110 cm; la sezione, preferibilmente trapezoidale con gli spigoli arrotondati, dovrà potersi inscrivere in un rettangolo di 10 x 12 cm con lato minore parallelo all'asse stradale.

I delineatori dovranno essere di **colore bianco** con fascia nera alta 25 cm, posta nella parte superiore, nella quale dovranno essere inseriti gli elementi rifrangenti volti verso le correnti di traffico interessate.

I materiali e le caratteristiche dei delineatori dovranno essere tali da non costituire pericolo in caso di collisione da parte dei veicoli. I delineatori normali dovranno essere preferibilmente costituiti interamente da **polietilene ad alta densità** o da altri materiali aventi caratteristiche analoghe e che abbiano le caratteristiche prestazionali coerenti con quanto previsto dalla UNI EN 12899-3. Il delineatore normale dovrà essere costituito dello stesso materiale sia nella parte bianca che in quella nera, indipendentemente dalla tecnica utilizzata per la realizzazione. Nella fornitura non sono accettati i dispositivi la cui parte nera sia stata realizzata con materiali diversi ovvero mediante pelliola nera sovrapposta al bianco. (Circolari Anas n. 13/1984 - n. 36/1984 - n. 20/1987)



I delineatori devono inoltre rispondere ai seguenti requisiti:

- peso del delineatore non inferiore a kg 1,600;
- peso dell'ancoraggio non inferiore a kg 0,300;
- manutenzione facile;
- trasporto agevole;
- resistenza agli agenti atmosferici;
- non rappresentare un pericolo per gli utenti della strada.

I delineatori di margine da fissare al suolo che si deformano tornando ad una posizione perpendicolare (ritorno elastico flessibile) in seguito ad urto, sono classificati dalla UNI EN 12899-3 con "D3".

Forma e dimensioni del delineatore normale. Il delineatore ha la forma di un prisma cavo con la sezione normale a triangolo isoscele, chiuso all'estremo superiore da una faccia (triangolare) inclinata verso strada.

Il delineatore sar  posto in opera con la base del triangolo isoscele della sua sezione normale parallela all'asse della strada e con il vertice, opposto alla predetta base, rivolto alla sede stradale.

Le dimensioni esterne del delineatore sono le seguenti:

- sezione retta - base ed altezza del triangolo isoscele rispettivamente: cm 10 e cm 12 con una tolleranza non superiore al 5%;
- spessore delle pareti del delineatore - non inferiore a mm 2;
- altezza del delineatore dal piano stradale - verso strada cm 100 - verso l'esterno cm 105;
- altezza della parte interrata del delineatore per l'ancoraggio al suolo, diretto o a mezzo di apposito zoccolo - normalmente cm 30.

Tutti gli spigoli del manufatto devono essere arrotondati con arco di cerchio di circa cm 1 di raggio. Tutte le parti del delineatore di margine non devono presentare nessuna parte tagliente sulla linea del suolo (UNI EN 12899-3).

Nella zona superiore del delineatore, di colore nero, in entrambe le facce oblique rispetto alla strada, saranno applicati, in appositi alloggiamenti, i dispositivi rifrangenti di cui al successivo paragrafo, aventi forma regolamentare con il lato maggiore disposto orizzontalmente se di forma quadrangolare ovvero verticalmente se di forma rettangolare.



4.2 DISPOSITIVI RIFRANGENTI

4.2.1 Caratteristiche prestazionali

I dispositivi rifrangenti da utilizzare nei delineatori normali di cui al precedente paragrafo, dovranno essere in plastica e corrispondono ai dispositivi classificati dalla UNI EN 12899-3 nella tipologia "R2" – *catadiottri di plastica*.

Prestazioni visive (visibilità notturna):

Tabella 41: Coordinate cromatiche per la radiazione retroriflessa dei dispositivi rifrangenti applicati al delineatore normale (UNI EN 12899-3)

Colore	1		2		3		4		5	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Bianco	0,390	0,410	0,440	0,440	0,500	0,440	0,500	0,390	0,420	0,370
Giallo	0,513	0,487	0,500	0,470	0,545	0,425	0,572	0,425	-	-
Rosso	0,652	0,348	0,622	0,348	0,714	0,256	0,735	0,265	-	-

Per quanto concerne la visibilità diurna dei dispositivi rifrangenti, le coordinate cromatiche e il fattore di luminanza delle superfici devono essere conformi al prospetto 1 o 2 della UNI EN 12899-1.

Prestazioni fotometriche (visibilità notturna):

Tabella 42: Coefficiente di retroriflessione RA iniziale minimo per i dispositivi rifrangenti applicati al delineatore normale di tipo R2 (UNI EN 12899-3)

Angolo di illuminazione β_2	Angolo di osservazione α	Coefficiente di retroriflessione RA $\text{cd lx}^{-1} \text{m}^{-2}$	
		Classe 1	Classe 2
+5°	20'	200	400
+30°	2°	0,8	2,5

Il Coefficiente di retroriflessione RA della Tabella 42 deve essere moltiplicato per il fattore di colore (prospetto 6 della UNI EN 12899-3): - Bianco: 1,0; Giallo: 0,6; Rosso: 0,2.

Prestazioni fisiche:



Tabella 43: Requisiti fisici prescritti per i dispositivi rifrangenti (UNI EN 12899-3)

Resistenza all'urto dinamico	Resistenza alla corrosione	Resistenza all'acqua *	Durabilit�
Il dispositivo non deve mostrare alcuna rottura o delaminazione all'esterno di un cerchio del diametro di 24 mm con il punto d'urto al centro dell'area testata. L'impatto � dato da una sfera di acciaio di 20 mm con altezza di caduta di 200 e 400 mm	Dopo 96 ore di esposizione alla prova di corrosione in nebbia salina neutra il Coefficiente RA deve essere $\geq 80\%$ del valore richiesto per la classi di cui alla Tabella n. 42	Dopo cinque cicli di riscaldamento / raffreddamento, alle temperature di 60° e 5°, i dispositivi non devono mostrare segni di penetrazione di acqua o vapore acqueo nelle parti ottiche	Il colore dei dispositivi, dopo essere stati esposti per due anni inclinati orizzontalmente con un angolo di 45° rivolti verso sud, deve posizionarsi nel box color prescritto; il Coefficiente RA deve essere $\geq 80\%$ del valore richiesto per la classi di cui alla Tabella n. 42 e non deve mostrare alcuna rottura o delaminazione all'esterno di un cerchio del diametro di 24 mm con il punto d'urto al centro dell'area testata. Le condizioni d'impatto sono analoghe alla prova di resistenza all'urto dinamico

4.2.2 Caratteristiche tecniche

I dispositivi rifrangenti, essi devono soddisfare ai seguenti requisiti:

- costruiti con materia plastica di prima qualit ;
- caratteristiche ottiche stabili nel tempo e perfetta tenuta stagna onde evitare penetrazione di acqua e formazione di condensa;
- colori come da Regolamento di esecuzione ed attuazione del Nuovo Codice della Strada approvato con D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 e successive modifiche e integrazioni;
- fissaggio stabile dell'inserito nell'apposito vano del delineatore onde impedirne l'asportazione.

I dispositivi rifrangenti dovranno essere sistemati, in modo da essere inasportabili, negli appositi vani disposti nella parte nella parte superiore del delineatore con le seguenti modalit :

- a) nelle strade a carreggiate a senso unico:
- nel delineatore di destra, dovr  apparire un solo dispositivo di colore giallo della superficie minima rifrangente di 60 cm²;
 - nel delineatore di sinistra dovranno apparire due dispositivi rifrangenti gialli, posti in verticale



ed opportunamente distanziati fra loro, ciascuno con superficie attiva minima di 30 cm²;

•

b) nelle strade a doppio senso di marcia:

- sul lato destro dovrà apparire un dispositivo rifrangente di colore rosso, sul lato sinistro dovrà apparire un dispositivo rifrangente di colore bianco;
- entrambi i dispositivi rifrangenti dovranno avere una **superficie minima attiva di 60 cm²**.

I dispositivi rifrangenti richiesti nel presente Capitolato sono costituiti da materia plastica formata da **polimeri di metacrilato di metile (PMMA)**. Tale dispositivo è classificato dalla UNI EN 12899-3 con la sigla "R2".



5 ACCETTAZIONE E CONTROLLI

Le caratteristiche dei prodotti segnaletici specificate nei precedenti Paragrafi sono condizioni necessarie ma non sufficienti per l'accettazione in quanto comunque subordinata alle prestazioni complessive della segnaletica realizzata in situ e non a quella dei singoli materiali componenti il prodotto. Qualora si preveda l'utilizzo di prodotti segnaletici diversi da quelli su esposti nel presente Capitolato, devono essere forniti tutti i dati necessari per il loro controllo, relativamente alle caratteristiche prestazionali prescritte, nonché la casistica (se presente) delle situazioni in cui sono stati già utilizzati, corredata delle attestazioni di soddisfazione delle Stazioni Appaltanti. La valutazione dei prodotti segnaletici oggetto del presente Capitolato si articola nelle seguenti due fasi:

- **accettazione** dei prodotti segnaletici mediante recepimento della dichiarazione di prestazione per i prodotti (attestazione di Marcatura CE) e del Dossier di Prodotto, relativamente ai prodotti segnaletici dove tali attestazioni sono previste. In tale fase è prevista anche l'accettazione dei prodotti segnaletici dove la normativa di riferimento non contempla l'apposizione del marchio europeo. In tal caso, saranno fornite alla DL, dall'impresa appaltatrice, la Scheda Tecnica del prodotto, la Scheda di sicurezza e l'eventuale Linea guida, predisposta dal fabbricante, per l'applicazione e la manutenzione su strada del prodotto;
- **controlli da effettuare** in corso d'opera (in riferimento alle norme UNI EN 1423, UNI EN 1463-1, UNI EN 1436, FprEN 1871, UNI EN 1790, UNI EN 12899-1 e UNI EN 12899-3, che specificano sia le caratteristiche prestazionali dei prodotti per la segnaletica stradale orizzontale, verticale e complementare, nonché i metodi di prova e di verifica delle predette caratteristiche).

5.1 ACCETTAZIONE

Per quanto riguarda l'**accettazione** del materiale da parte della **Direzione Lavori**, oltre che alle dichiarazioni di accompagnamento dei lotti dei prodotti segnaletici forniti da parte del fabbricante/fornitore, si farà riferimento ai dati di seguito riportati:

- dichiarazioni di prestazione (attestazione di marcatura CE) per i prodotti segnaletici in cui è prevista l'apposizione del marchio "CE"
- Dossier di Prodotto
- Scheda tecnica
- Scheda di sicurezza
- Rapporti di prova per i prodotti segnaletici in cui è prevista l'apposizione del marchio "CE"
- Rapporti di prova per i prodotti segnaletici in cui non è prevista l'apposizione del marchio "CE"
- Eventuale Linea Guida per l'apposizione su strada e la manutenzione periodica emessa dal



fabbricante/fornitore dei prodotti per segnaletica stradale

La Dichiarazione di Prestazione, le informazioni tecniche e la scheda di sicurezza e, quando presente, anche la scheda dati di sicurezza del REACH, devono essere forniti in lingua Italiana. Il **produttore o fornitore** (nel caso quest'ultimo rappresenti un produttore extraeuropeo) è tenuto a fornire la dichiarazione di prestazione dei prodotti per la segnaletica orizzontale dove previsti (**Marcatura CE** secondo le Norme armonizzate UNI EN 1423; UNI EN 1463-1; UNI EN 1790; UNI EN 12899-1; UNI EN 12899-3), inclusa ogni eventuale variazione alla scelta proposta in fase di offerta. Tale dichiarazione sarà vincolante e verrà allegata ai documenti contrattuali. Pertanto, i produttori/fornitori devono essere in possesso dei rapporti di prova rilasciati da laboratori certificati su campioni effettivamente rappresentativi di ogni singolo prodotto a **Marcatura CE**, per il quale si prevede l'utilizzo nella realizzazione dei lavori di segnaletica stradale. Oltre all'attestato di **Marcatura CE**, il produttore deve raccogliere tutta la documentazione relativa alla fornitura in un apposito **Dossier di Prodotto**, che dovrà contenere tutte le informazioni tecniche e le certificazioni del prodotto proposto in fase di gara; tale dossier costituirà elemento di riferimento per ogni prova e verifica eseguita in corso d'opera e/o in fase di collaudo. Nei casi in cui il prodotto segnaletico non sia oggetto di una norma armonizzata, ma sia considerato nella categoria dei materiali contemplati dal CEN per i prodotti relativi alle attrezzature fisse per la circolazione stradale, il fabbricante che vuole comunque pervenire alla marcatura CE, dovrà fornire all'appaltatore e quindi al committente, la relativa **Valutazione Tecnica Europea (ETA)** inerente il prodotto oggetto dell'appalto. **L'accettazione di valori in deroga** a quelli specificati è subordinata alla dichiarazione, nel Dossier di Prodotto, di adeguate garanzie di tipo prestazionale, che saranno quindi soggette a verifica da parte della Direzione Lavori.

Tabella 44: Accettazione dei materiali (check-list)

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
MARCATURA CE	conformità delle prestazioni connesse alla loro funzione (proprietà fotometriche, colorimetriche); proprietà di sicurezza e compatibilità ambientale (proprietà di antiscivolosità, assenza di prodotti pericolosi); mantenimento nel tempo delle prestazioni dichiarate; presenza di una eventuale ETA.
ACCETTAZIONE DEI PRODOTTI PER LA SEGNALETICA STRADALE ORIZZONTALE – VERTICALE _ COMPLEMENTARE	disegni relativi al Progetto di segnalamento (se richiesto in fase di gara); dichiarazioni di prestazione (marcatura CE); dossier di prodotto (certificati delle marcature CE rilasciate dai vari organismi notificati relativi ai vari componenti o dispositivi co-



	stituenti i prodotti segnaletici per la segnaletica orizzontale, verticale e complementare); rapporti di prova; Eventuale linea guida per l'applicazione e la manutenzione del prodotto segnaletico; completezza del materiale fornito.
ULTERIORI VERIFICHE	certificazioni/attestazioni; campioni rappresentativi della fornitura da sottoporre a prove di laboratorio;
NOTA Se il Direttore Lavori riscontra che un qualsiasi prodotto o componente del prodotto non sia adatto all'impiego DEVE chiederne la sostituzione.	

5.2 MARCATURA "CE"

Il rilascio della **Marcatura CE** per **taluni prodotti avviene** secondo il sistema di attestazione di conformità "1" relativo alla valutazione e verifica della costanza della prestazione tra quelle previste dal Regolamento UE 305/2011; in particolare, il suddetto livello prevede l'attuazione di un Sistema di Controllo di Fabbrica (FPC) a carico del produttore e l'esecuzione delle prove di Tipo iniziale (ITT) ad opera dell'organismo di certificazione del prodotto.

Con particolare riguardo ai seguenti materiali:

- "Materiali da postspruzzare – Microsfere di vetro, granuli anti derapanti e loro miscele";
- "Inseriti stradali catarifrangenti – Parte 1: requisiti di prestazione iniziale";
- "Materiali preformati per segnaletica orizzontale";
- "Segnaletica verticale permanente per il traffico stradale – Parte 1: Segnali permanenti";
- "Segnaletica verticale permanente per il traffico stradale – Parte 3: Delineatori di margine e dispositivi rifrangenti";

in quanto attrezzature stradali, queste sono obbligate al rilascio della Marcatura CE, che deve essere redatta secondo quanto previsto dalle Norme armonizzate UNI EN 1423, UNI EN 1463-1, UNI EN 1790, UNI EN 12899-1 e UNI EN 12899-3.

Nel dettaglio, la Marcatura CE dei prodotti elencati consiste nella dichiarazione sia delle prestazioni direttamente connesse alla loro funzione (ad es. prestazioni fotometriche) che delle prestazioni "non fotometriche", ovvero inerenti le prestazioni di visibilità diurna, relative alla sicurezza della circolazione stradale, relative alla protezione ambientale e alla durabilità nel tempo.

Tale dichiarazione deve inoltre riguardare il mantenimento nel tempo delle prestazioni dichiarate.

La Dichiarazione della prestazione delle caratteristiche essenziali, che è di responsabilità del produttore, deve essere effettuata in base a rapporti di prova emessi da laboratorio notificato, con



evidenza di notifica riportata sul sito ufficiale della Commissione Europea <http://ec.europa.eu/enterprise/newapproach/nando/>.

5.3 DOSSIER DI PRODOTTO

Per garantire la corrispondenza dei materiali e dei sistemi proposti in fase di gara alle specifiche di progetto, deve essere presentato il **Dossier di Prodotto** che deve riportare i contenuti minimi indicati nel presente Capitolato. Tale documento contiene i **certificati di prova** attestanti la conformit  dei materiali e dei sistemi proposti ai requisiti minimi prestazionali specificati.

All'Impresa aggiudicataria, a **garanzia della conformit ** dei campioni stessi alle norme prescritte, sar  richiesta una dichiarazione impegnativa, firmata dal legale rappresentante, relativa ai prodotti impiegati, accompagnata da certificati ufficiali di analisi, ovvero copie fotostatiche autenticate, rilasciate da istituti specializzati, competenti ed autorizzati, per tutti o parte dei materiali usati, secondo quanto richiesto dalla Direzione Lavori.

La **dichiarazione impegnativa** sopra citata dovr , di norma, contenere:

- nomi commerciali, eventuali marchi di fabbrica, tipi e caratteristiche tecniche dei prodotti che verranno usati;
- metodi e cicli per le lavorazioni di materiali;
- identificazione degli stabilimenti di produzione e ragione sociale della Ditta produttrice.

La presentazione da parte dell'aggiudicatario di **certificato di qualit  del fornitore** del prodotto fornito, non lo esime in alcun modo dalle responsabilit  dirette verso ANAS in merito alla qualit  del prodotto stesso.

5.4 LABORATORI ACCREDITATI

Le **prove di qualifica** eseguite in integrazione alla **Marchatura CE**, nonch  le **prove di collaudo o verifica** eseguite sui materiali o sui singoli componenti della segnaletica stradale, dovranno essere effettuate da **laboratori accreditati** secondo la Norma ISO 17025 da Ente ACCREDIA, da Enti equivalenti europei affiliati all'associazione degli organismi di accreditamento europei EA (<http://www.european-accreditation.org>), ovvero dai laboratori del Centro Ricerca di Cesano - ANAS.

5.5 ASPETTI AMBIENTALI CONNESSI ALLA REALIZZAZIONE DELLA SEGNALETICA STRADALE



Nel corso dei lavori per la realizzazione della segnaletica stradale, sia essa orizzontale, verticale o complementare, sono prodotti dei rifiuti la cui gestione deve essere prevista in fase di predisposizione delle attività da parte dell'appaltatore.

In merito alla gestione dei rifiuti, sia quelli derivanti dall'esecuzione dei lavori di segnaletica orizzontale (posa e ripasso), sia quelli prodotti nel corso della rimozione della segnaletica preesistente, sia quelli derivanti dall'attività connessa all'installazione della segnaletica verticale e complementare, le imprese appaltatrici, esecutrici o affidatarie sono, secondo le norme cogenti (*D.lgs. n° 152/2006 "Norme in materia ambientale"*), *produttori/detentori* di tutti i rifiuti prodotti nell'ambito delle attività oggetto dei lavori affidati.

All'avvio dei lavori l'impresa dovrà fornire al committente un *Piano di gestione dei rifiuti* che identifichi tutte le tipologie di rifiuto per le quali la stessa impresa risulti essere il "*produttore/detentore*".

5.5.1 Piano di gestione dei rifiuti

In particolare il *Piano di gestione dei rifiuti* deve contenere:

- i **rifiuti prodotti**: il produttore del rifiuto deve provvedere alla corretta classificazione e caratterizzazione del rifiuto, specialmente quello classificato come "pericoloso", attraverso l'analisi dell'attività che lo ha generato e della sua composizione e dei valori limite di concentrazione delle sostanze pericolose determinate attraverso l'utilizzo di laboratori accreditati. Il committente può richiedere all'impresa evidenza delle informazioni utilizzate per la classificazione e caratterizzazione del rifiuto e copia del certificato di analisi emesso dal laboratorio accreditato;
- le **modalità di deposito temporaneo**: l'impresa esecutrice dei lavori deve depositare i rifiuti prodotti in area individuata contestualmente con il committente e adibita a "deposito temporaneo" nel rispetto delle norme tecniche, delle modalità di stoccaggio, e dei limiti temporali e quantitativi previsti dalla normativa vigente, evitando qualunque commistione tra i rifiuti e il suolo non protetto su cui sono provvisoriamente appoggiati o su cui insistono anche se in modalità protetta;
- la **documentazione relativa alla idoneità amministrativa dei trasportatori**: il trasporto dei rifiuti può essere effettuato dalle stesse imprese produttrici dei rifiuti se regolarmente iscritte all'Albo Nazionale Gestori Ambientali per il trasporto in conto terzi alla categoria idonea. Al committente deve essere fornita l'evidenza delle necessarie iscrizioni all'Albo Gestori Ambientali. Nel caso in cui l'impresa deve affidare i rifiuti ad altri soggetti regolarmente iscritti all'Albo Nazionale Gestori Ambientali per il trasporto in conto terzi, deve verificare che il trasportatore sia iscritto alla categoria che gli consente di conferire allo smaltimento i rifiuti prodotti. A tal fine, l'impresa deve fornire al committente copia degli atti prescritti, posseduti dalla ditta alla quale l'impresa intende affidare il trasporto per lo smaltimento;
- la **documentazione relativa all'idoneità amministrativa degli impianti di smaltimento e di recupero utilizzati**: l'impresa esecutrice deve assicurarsi che gli impianti presso i quali avviene il conferimento



dei rifiuti siano regolarmente autorizzati ad una o più operazioni di smaltimento e/o recupero tra quelle previste dal D.Lgs. 152/2006. L'impresa, dopo averli ricevuti dalla ditta incaricata del conferimento, fornisce al committente copia degli atti prescritti posseduti dai gestori degli impianti ai quali intende affidare le operazioni di smaltimento o di recupero. L'impresa esecutrice deve fornire al committente copia della documentazione cogente atta a far cessare la responsabilità dell'esecutore, nella sua qualità di *produttore/detentore*, circa il corretto avvio a smaltimento o recupero dei rifiuti (*"quarta copia del formulario di identificazione dei rifiuti"* e *"certificato di avvenuto smaltimento"*).

L'impresa, in qualità di produttore dei rifiuti, dispone del regolare **Registro di carico e scarico dei rifiuti**, e provvede a tenerlo aggiornato conformemente alle modalità e tempistiche di compilazione previste dalla norma cogente.

Dietro formale richiesta del DL, l'impresa esecutrice dei lavori dovrà fornire copia della documentazione da cui risulti evidenza della corretta gestione dei rifiuti (*Formulario identificazione rifiuti e Registro di carico e scarico*).



6 MODALITA' DI ESECUZIONE

6.1 IL PROGETTO DI SEGNALAMENTO

Il Progetto di Segnalamento - Come accennato nella premessa, il presente Capitolato è organizzato per descrivere le caratteristiche prestazionali dei prodotti utilizzati per realizzare **"l'impianto segnaletico"**, inteso come l'insieme coordinato e coerente delle varie tipologie di segnali (*orizzontali, verticali e complementari; quelli luminosi e a messaggio variabile sono trattati in un Capitolato "ad hoc"*) che rispondono alla logica del **"Progetto di Segnalamento"** che è lo strumento prescritto dalla norma cogente (art. 77, comma 2, del Regolamento di esecuzione e attuazione del NCS) **indispensabile per organizzare nel modo piú congruo e razionale le informazioni utili e necessarie a garantire la sicurezza nella guida**. *"Le informazioni da fornire agli utenti sono stabilite dall'ente proprietario della strada secondo uno specifico progetto riferito ad una intera area o a singoli itinerari, redatto, se del caso, di concerto con gli enti proprietari delle strade limitrofe cointeressati, ai fini della costituzione di un sistema segnaletico armonico integrato ed efficace, a garanzia della sicurezza e della fluidità della circolazione pedonale e veicolare"* (art. 77, comma 2 del Regolamento).

La necessità e l'opportunità del Progetto di Segnalamento per gli Enti gestori delle strade è prescritto dal Regolamento e dalla Direttiva del 28/12/2000 in materia di segnaletica e criteri per l'installazione e manutenzione ed è finalizzato al miglioramento continuo della sicurezza stradale.

Il Progetto ha inoltre la finalità di mantenere sotto controllo le prestazioni dell'impianto segnaletico, **"l'arredo stradale"**, e ciò è oggi possibile in quanto per ogni specifico materiale e/o dispositivo sono vincolanti i requisiti prestazionali dettati dalle norme europee armonizzate. I materiali e i dispositivi sono comunque coperti da un insieme di norme volontarie, europee e nazionali, che descrivono efficacemente le caratteristiche prestazionali su cui informare i Capitolati tecnici e i contratti d'appalto.

Con la locuzione **"requisiti prestazionali"** si intende definire l'insieme delle aspettative inderogabili, predeterminate sperimentalmente a misura dell'utente, riguardanti il funzionamento reale di un prodotto o di un dispositivo valutati nelle effettive condizioni d'uso. I requisiti sono espressi attraverso parametri tecnici (grandezze scalari e/o vettoriali) e/o in forma di indici adimensionali organizzati in classi di prestazione crescente.

La presenza contemporanea di piú requisiti e delle varie classi di prestazione prescritte per ogni singolo componente del sistema segnaletica stradale, garantisce la sicurezza standard dell'impianto. La decadenza di uno solo dei parametri, afferente ad una delle prestazioni richieste, può compromettere l'efficienza del materiale e/o del dispositivo e, indirettamente, la funzionalità e la sicurezza dell'intero sistema. L'art. 124 del Regolamento di esecuzione e attuazione del NCS specifica che la segnaletica di indicazione, ma la segnaletica nel suo complesso è sottintesa, deve essere sottoposta a periodiche verifiche di valutazione della rispondenza alle esigenze del traffico e alle necessità degli utenti, nonché alla verifica sullo stato di conservazione.



Il Progetto di Segnalamento pu" riguardare singoli sottosistemi, come quello dedicato alla segnaletica orizzontale, alla segnaletica verticale e alla segnaletica complementare oppure due sottosistemi integrati. Ad esempio, l'uso integrato dei materiali e dei dispositivi della segnaletica stradale orizzontale costituita da pitture stradali, segnaletica stradale profilata, inserti stradali catarifrangenti (occhi di gatto) e i dispositivi della segnaletica complementare, composti dai delineatori di margine con i dispositivi rifrangenti incassati e i delineatori modulari di curva, costituiscono gli elementi necessari ad impostare il progetto di segnalamento che pu" essere definito di "*delineazione stradale*", mutuando la definizione rilevabile nell'introduzione al Manuale n. 93-001 della Federal Highway Administration USA, <http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/93001/93001.pdf>

Le imprese appaltatrici, esecutrici o affidatarie, in caso di nuovo impianto o di manutenzione straordinaria, prima di realizzare l'impianto segnaletico dovranno prendere visione del progetto esecutivo di segnalamento, adeguando la loro attivit" alle indicazioni ivi prescritte.

In caso di manutenzione ordinaria, il Progetto di segnalamento, predisposto dall'Ente committente sar" una guida operativa alla realizzazione degli interventi da parte dell'impresa appaltatrice, con l'indicazione dei tratti da risanare, e/o da ripassare e/o da rinnovare completamente ovvero dei dispositivi da integrare, sostituire o rimuovere.

Il Progetto di segnalamento deve essere considerato come un sottoinsieme di un progetto pi" ampio denominato "*Piano della segnaletica*", tale piano integra una serie di informazioni, insieme a quelle censite dal catasto, in una visione d'insieme del contesto territoriale che comprende

- - l'individuazione dei limiti di competenza dei vari enti gestori sul territorio;
- - l'analisi del contesto infrastrutturale, insediativo, produttivo e ambientale;
- - la classificazione dei vari itinerari d'intervento e il loro andamento plani-altimetrico;
- - l'analisi della composizione e dei flussi di traffico;
- - l'analisi dell'incidentalit" e dei cosiddetti "black spots";
- - l'individuazione delle tipologie di utenti della strada, compresi gli utenti deboli (pedoni, ciclisti e ciclomotoristi) e vulnerabili (motociclisti);
- - l'integrazione, ai fini dell'apposizione della segnaletica stradale, con eventuali piani preesistenti dai vari enti territoriali (i piani di viabilit" extraurbana a livello delle Nuove Province o della Citt" Metropolitana; i piani urbani del traffico e i piani urbani di mobilit" a livello comunale; ecc.);
- - l'integrazione, ai fini del coordinamento della segnaletica (orizzontale, verticale e complementare), con le valutazioni, i controlli, le disposizioni sulla gestione e le ispezioni inerenti la sicurezza della rete stradale di cui al D.Lgs. n. 35/2011.

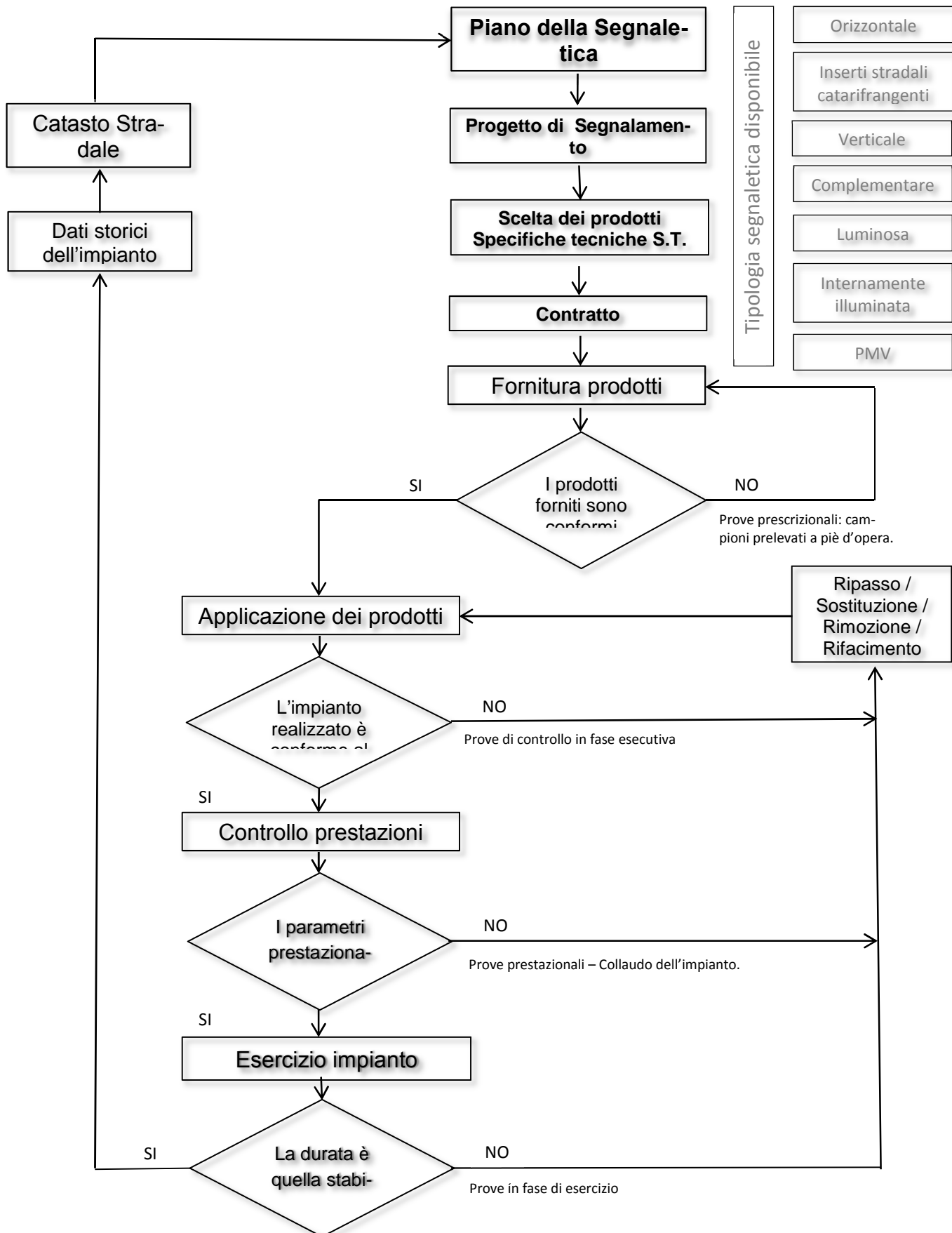
Il Piano della segnaletica indica i criteri generali per intervenire a livello progettuale nell'itinerario individuato, disponendo, ai fini della sicurezza degli utenti, dell'intero apparato segnaletico che il Nuovo Codice della Strada consente di utilizzare.



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.24 - Rev.1.0
Segnaletica stradale

Il Progetto di segnalamento fornisce, a sua volta, le indicazioni per la definizione in dettaglio degli elementi segnaletici costituenti l'impianto.

La successiva figura n. 1 mostra il diagramma sintetico delle varie fasi afferenti la realizzazione della segnaletica stradale (orizzontale, verticale e complementare)





Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.24 - Rev.1.0
Segnaletica stradale



Figura 1: diagramma sintetico afferente le varie fasi di realizzazione della segnaletica stradale

1. Segnaletica orizzontale

Accettazione e controllo dei materiali. I materiali, prima della posa in opera, dovranno essere accettati dalla Direzione dei Lavori secondo le modalità prescritte nel paragrafo 4.5 del presente Capitolato.

I materiali dovranno provenire da produttori o fabbriche che l'Impresa riterrà di sua convenienza, e dovranno corrispondere come caratteristiche tecnico-qualitative ai requisiti esposti nei paragrafi afferenti la segnaletica orizzontale.

La DL si riserva di verificare la corrispondenza delle caratteristiche prestazionali dichiarate e certificate sia in fase di fornitura dei materiali, a piè d'opera, sia in fase esecutiva, durante l'allestimento dell'impianto segnaletico. In particolare la DL disporrà i seguenti controlli:

- *accertamenti preventivi.* Il Direttore dei Lavori, dopo aver preso visione dei certificati di "qualità" e di "conformità" presentati dall'Impresa, si accerterà della rispondenza delle caratteristiche dei materiali o dei prodotti proposti per l'impiego, alle prescrizioni date dalle vigenti norme, disponendo ove ritenuto necessario ed a suo insindacabile giudizio, anche prove di controllo preventivo di laboratorio a spese dell'ANAS **a meno di quelle per il prelievo e l'invio dei campioni al Laboratorio Ufficiale Autorizzato.**

Se i risultati di tali accertamenti fossero difformi dalle caratteristiche stabilite dalla vigente normativa, si darà luogo alle necessarie variazioni nei materiali.

Per tutti i ritardi nell'inizio della fornitura derivanti dalle difformità sopra accennate o dalla ritardata presentazione delle Certificazioni e che comportino una protrazione del tempo utile contrattuale, sarà applicata la penale prevista in contratto.

- *prove sistematiche di controllo in fase esecutiva.* In relazione a quanto precisato nel precedente articolo circa la qualità e le caratteristiche dei materiali per la loro accettazione, l'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, **sottostando a tutte le spese di prelievo e di invio dei campioni ai Laboratori Ufficiali** indicati dalla Stazione Appaltante.

In particolare, tutte le prove di analisi dei materiali saranno eseguite presso il Centro Sperimentale Stradale "ANAS" di Cesano di Roma, o presso altro Laboratorio Ufficiale Autorizzato. I campioni



verranno prelevati in contraddittorio. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione. I risultati ottenuti in tali laboratori, saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti del presente appalto.

I campioni, nelle varie fasi di controllo, saranno prelevati in contraddittorio, anche presso gli stabilimenti di produzione per cui l'Impresa si impegna a garantire l'accesso presso detti stabilimenti ed a fornire l'assistenza necessaria. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione presso le sedi territoriali di ANAS SpA, previa apposizione di sigillo e/o contrassegno e firma del Direttore dei Lavori e dell'Impresa, nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione. I costi inerenti le prove dei materiali, nella fase di accertamento preventivo e nella fase esecutiva, sono a carico della stazione appaltante. Eventuali ripetizioni delle prove, dovute a risultati non coerenti con la certificazione fornita, sono a carico dell'impresa appaltatrice.

Modalità di preparazione del piano di posa. Per le specifiche riguardanti la realizzazione della segnaletica orizzontale si richiama la norma UNI 11154. In particolare si richiamano i paragrafi che seguono.

Prima di iniziare un lavoro di posa della segnaletica orizzontale, l'Impresa deve effettuare le seguenti verifiche:

- verificare se lo stato della segnaletica preesistente, qualora presente, permette una sovrapposizione del prodotto senza rischi per la buona riuscita dell'applicazione stessa, tenendo in considerazione la compatibilità dei prodotti;
- verificare il tipo di supporto (conglomerato bituminoso, conglomerato bituminoso drenante, calcestruzzo, pietra) e la sua compatibilità con il materiale da applicare;
- accertarsi delle condizioni fisiche della superficie, per esempio che non ci sia presenza di crepe o irregolarità che possano ostacolare l'applicazione del materiale;
- verificare che il supporto risulti perfettamente pulito, privo cioè di agenti inquinanti quali per esempio macchie d'olio o di grasso, o resine provenienti dagli alberi, che possano influenzare la qualità della stesa;
- poiché la maggior parte dei materiali è incompatibile con l'acqua, verificare che il supporto sia asciutto e che la sua temperatura rientri nell'intervallo previsto per l'applicazione del materiale come risulta dalla scheda tecnica del produttore;



- rilevare i valori di temperatura del supporto ed umidità relativa dell'aria prima della stesa, che devono rientrare nell'intervallo previsto per il prodotto da utilizzare (vedere scheda tecnica del produttore).

Nel caso in cui non si siano verificate le condizioni idonee all'applicazione, l'Impresa non deve procedere all'esecuzione del lavoro e deve avvisare la Direzione Lavori per avere istruzioni. La fase di tracciamento e preparazione è indipendente dal tipo di prodotto utilizzato e per quanto riguarda strisce, frecce, iscrizioni, simboli e altri segnali prestabiliti da realizzare secondo il Piano di segnalamento approvato dalla DL, si deve far riferimento alla legislazione vigente (DPR n° 495/1992 "Regolamento di esecuzione e attuazione del Nuovo Codice della Strada").

Per quanto concerne la preparazione della pavimentazione, questa dovrà essere pulita ed esente da agenti inquinanti che possano compromettere la realizzazione dell'impianto e/o del ripasso a regola d'arte. **La pulizia è a carico dell'Appaltatore.**

2. Segnaletica verticale

Condizioni per la fornitura dei segnali. I materiali da impiegare nelle forniture e nei lavori compresi nell'appalto dovranno corrispondere, per caratteristiche alle prescrizioni contenute nel presente Capitolato Speciale d'Appalto e a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia; in mancanza di particolari prescrizioni dovranno essere delle migliori qualità in commercio in rapporto alla funzione cui sono destinati.

Nel caso di un utilizzo di tipo sperimentale di materiali migliorativi finalizzati alla sicurezza, questi dovranno in ogni caso risultare conformi ai valori minimi richiesti dalle leggi e/o regolamenti vigenti.

Per la provvista di materiali in genere, si richiamano espressamente le prescrizioni dell'art. 16 del Capitolato Generale adottato con D.M. 19 aprile 2000, n. 145.

Per lavori il cui importo, per gli appalti pubblici di servizi, non comporti il superamento della soglia periodicamente ricalcolata dalla Commissione Europea, i materiali dovranno essere approvigionati da fornitori che operano con sistema di qualità aziendale, rispondente alla norma UNI EN ISO 9001, con certificazione di qualità rilasciata da enti certificatori accreditati ai sensi delle norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021.

Per lavori il cui importo, per gli appalti pubblici di servizi, comporti il superamento della soglia periodicamente ricalcolata dalla Commissione Europea, oltre a quanto previsto dal precedente pun-



to, i materiali dovranno essere approvvigionati da fornitori della Unione Europea che operano con sistema di qualità aziendale, rispondente alla norma UNI EN ISO 9001, con certificazione di qualità rilasciata da enti certificatori accreditati ai sensi delle norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021.

I materiali proverranno da località o fabbriche che l'Impresa riterrà di sua convenienza, purché corrispondano ai requisiti di cui sopra. La Direzione dei Lavori, quando abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute: i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa. Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori, l'Impresa resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

Per poter essere autorizzato alla fornitura dei vari tipi di materiali prescritti dal presente Capitolato Speciale d'Appalto, l'Appaltatore dovrà esibire prima dell'impiego al Direttore dei Lavori, per ogni categoria di materiale, una dichiarazione impegnativa, debitamente sottoscritta, nella quale ciascuna ditta, sotto la propria responsabilità, dovrà indicare i nomi commerciali e gli eventuali marchi di fabbrica dei materiali e dei manufatti che si intendono utilizzare per la fornitura. La dichiarazione impegnativa vincola la Ditta aggiudicataria alla fornitura di materiali conformi ai tipi, alle caratteristiche ed ai marchi di fabbrica in essi indicati.

La DL si riserva di verificare la corrispondenza delle caratteristiche prestazionali dichiarate e certificate sia in fase di fornitura dei materiali, a piè d'opera, sia in fase esecutiva, durante l'allestimento dell'impianto segnaletico. In particolare la DL disporrà i seguenti controlli:

- *Accertamenti preventivi.* Il Direttore dei Lavori, dopo aver preso visione dei certificati di "qualità" e di "conformità" presentati dall'Impresa, si accerterà della rispondenza delle caratteristiche dei materiali o dei prodotti proposti per l'impiego, alle prescrizioni date dalle vigenti norme, disponendo ove ritenuto necessario ed a suo insindacabile giudizio, anche prove di controllo preventivo di laboratorio a spese dell'ANAS **a meno di quelle per il prelievo e l'invio dei campioni al Laboratorio Ufficiale Autorizzato.**

Se i risultati di tali accertamenti fossero difformi dalle caratteristiche stabilite dalla vigente normativa, si darà luogo alle necessarie variazioni nei materiali.

Per tutti i ritardi nell'inizio della fornitura derivanti dalle difformità sopra accennate o dalla ritardata presentazione delle Certificazioni e che comportino una protrazione del tempo utile contrattuale, sarà applicata la penale prevista in contratto.



- *Prove sistematiche di controllo in fase esecutiva.* In relazione a quanto precisato nel precedente articolo circa la qualità e le caratteristiche dei materiali per la loro accettazione, l'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, **sottostando a tutte le spese di prelievamento e di invio dei campioni ai Laboratori Ufficiali** indicati dalla Stazione Appaltante.

In particolare, tutte le prove di analisi dei materiali saranno eseguite presso il Centro Sperimentale Stradale "ANAS" di Cesano di Roma, o presso altro Laboratorio Ufficiale Autorizzato. I campioni verranno prelevati in contraddittorio. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nel competente Ufficio Compartimentale previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione. I risultati ottenuti in tali laboratori, saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti del presente appalto.

I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti di seguito fissati.

Nel caso in cui i materiali o prodotti applicati nei lavori appaltati siano oggetto di norme europee armonizzate, cioè norme adottate da un ente di normazione europeo (CEN) sulla base di un mandato (inteso come richiesta formale di normazione) della Commissione Europea e in cui è previsto l'apposizione del marchio "CE" sui prodotti, l'appaltatore dovrà produrre la certificazione contemplata dalle norme armonizzate in possesso dei produttori o dei fornitori, prima dell'applicazione dei prodotti/materiali nel cantiere stradale.

La UNI EN 12899-1 (*Segnaletica verticale permanente per il traffico stradale - Parte 1: segnali permanenti*) è la norma europea armonizzata a cui fare riferimento in merito ai requisiti richiesti per la fornitura dei segnali verticali permanenti per la segnaletica stradale.

Tutti i segnali devono essere rispondenti ai tipi, dimensioni e misure prescritte dal Regolamento di esecuzione del Codice della Strada approvato con D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 come modificato dal DPR 16.09.1996 n°. 610 e successive modifiche ed integrazioni, e comunque alle norme in vigore al momento della esecuzione dei lavori.

Tutti i segnali devono essere contrassegnati in modo chiaro e duraturo sul retro con le informazioni seguenti:

- il numero e la data della norma europea UNI EN 12899-1;
- la classificazione di prestazione inerente al prodotto;
- le ultime 2 cifre dell'anno di produzione;
- il nome, il marchio ed altri sistemi di identificazione del fabbricante o del fornitore qualora non compaia il fabbricante;



- il numero di lotto o di partita.
- Il marchio "CE"
- l'Ente o Amministrazione proprietaria della strada;
- gli estremi dell'ordinanza di apposizione della Amministrazione, ove previsto (segnali di prescrizione).

Gli ultimi due punti sono in conformità a quanto prescritto dall'art. 77, punto 7, del DPR 495/92.

Le pellicole retroriflettenti utilizzate nella produzione di segnali stradali permanenti devono avere un marchio di identificazione visibile e durevole. La durata del marchio deve essere equivalente alla vita attesa della pellicola retroriflettente e deve essere visibile a prodotto finito. Il marchio deve contenere almeno le seguenti informazioni:

- il logo o simbolo identificativo del fabbricante;
- il codice identificativo del prodotto;
- la classe di prestazioni retroriflettenti come specificato nella EN 12899-1 o nel Benestare Tecnico Europeo (ETA) pertinente;
- La durata in anni delle varie tipologie di pellicole retroriflettenti:
- **7 anni** per le pellicole a microsfere di classe RA1;
- **10 anni** per le pellicole a microsfere di classe RA2 e per le pellicole a microprismi fluororifrangenti;
- **12 anni** per le pellicole a microprismi.

Tutte le informazioni devono essere ripetute almeno una volta per ogni area di (400x400) mm. Possono essere riportate informazioni supplementari. Le prescrizioni tecniche relative alle pellicole rifrangenti si intendono soddisfatte qualora i materiali forniti dalla ditta produttrice risultino superare, con esito positivo, tutte le analisi e prove di laboratorio prescritte dalle norme vigenti e/o indicate dal presente C.S.A.. Le pellicole retroriflettenti dovranno possedere requisiti non inferiori a quanto indicato nella norma UNI EN 12899-1.

6.1.1 Opere complementari per l'allestimento dei segnali verticali



In merito ai materiali utilizzati nelle opere complementari, necessarie per consentire l'allestimento dei segnali verticali, si prescrive quanto di seguito:

- *Materiali ferrosi* - I materiali ferrosi utilizzati per la realizzazione dei segnali saranno esenti da scorte, soffiature, saldature o da qualsiasi altro difetto. Essi dovranno soddisfare i requisiti stabiliti dal DM 14 gennaio 2008 del Ministero Infrastrutture e Trasporti, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

- *Acqua* - L'acqua utilizzata per la preparazione delle malte e del conglomerato cementizio dovr essere dolce, limpida, esente da tracce di cloruro o solfati, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso cui le acque medesime sono destinate.

- *Leganti idraulici* - Dovranno corrispondere alle caratteristiche tecniche ed ai requisiti dei leganti idraulici di cui al D.M. del 23-09-2005 del Ministero Infrastrutture e Trasporti, Norme Tecniche per le Costruzioni.

- *Ghiaie - Ghiaietti - Pietrischi - Pietrischetti - Sabbie* per opere murarie (Da impiegarsi nella formazione di conglomerati cementizi). Dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti dal DM 14 gennaio 2008 del Ministero Infrastrutture e Trasporti, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale. Gli inerti, naturali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso, ecc., in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato od alla conservazione delle armature. La ghiaia o il pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature.

3. Segnaletica complementare

Condizioni per la fornitura dei delineatori normali e dei dispositivi rifrangenti. I materiali da impiegare nelle forniture e nei lavori compresi nell'appalto dovranno corrispondere, per caratteristiche alle prescrizioni contenute nel presente Capitolato Speciale d'Appalto e a quanto stabilito nelle leggi ufficiali vigenti in materia e nelle norme armonizzate dell'Unione Europea; in mancanza di particolari prescrizioni i prodotti forniti dovranno essere delle migliori qualit in commercio in rapporto alla funzione cui sono destinati. In particolare i delineatori dovranno essere conformi alle indicazioni generali prescritte dall'art. 172 del Regolamento di attuazione del Nuovo Codice della Strada (DPR 495/92), e alla tipologia di materiale richiesto dalla Circolare Anas n. 13/84.

Quando il Direttore dei Lavori abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Impresa dovr sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa.



Malgrado l'accettazione dei materiali da parte del Direttore dei Lavori, l'Impresa resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

Tutti i materiali di segnaletica complementare ed accessori oggetto della fornitura dovranno essere rigorosamente conformi alle tipologie, dimensioni, misure e colori di cui alle norme in epigrafe e quanto dichiarato e certificato.

I delineatori normali saranno costituiti interamente in polietilene ad alta densità (HDPE).

La parte di colore bianco deve avere un tenore di biossido di titanio (TiO_2) almeno del 2% e deve essere realizzata con unico materiale, escludendosi operazioni di sovrapposizione di pellicola bianca o altri materiali plastici o verniciatura di colore bianco (Circolare Anas n. 13/84 e n. 20/87).

La parte terminale superiore del delineatore normale di colore nero dovrà essere realizzata mediante pigmentazione in massa con nero fumo, ciò significa che deve essere realizzata con unico materiale e non mediante pellicola nera sovrapposta al bianco o verniciatura di colore nero (**Circolare Anas n. 13/84 e n. 20/87**).

La DL si riserva di verificare la corrispondenza delle caratteristiche prestazionali dichiarate e certificate sia in fase di fornitura dei materiali, a piè d'opera, sia in fase esecutiva, durante l'allestimento dell'impianto segnaletico.

In particolare la DL disporrà i seguenti controlli:

- *Accertamenti preventivi*. Il Direttore dei Lavori, dopo aver preso visione dei certificati di "qualità" e di "conformità" presentati dall'Impresa, si accerterà della rispondenza delle caratteristiche dei materiali o dei prodotti proposti per l'impiego, alle prescrizioni date dalle vigenti norme, disponendo ove ritenuto necessario ed a suo insindacabile giudizio, anche prove di controllo preventivo di laboratorio a spese dell'ANAS **a meno di quelle per il prelievo e l'invio dei campioni al Laboratorio Ufficiale Autorizzato che sono a carico dell'impresa appaltatrice.**

Se i risultati di tali accertamenti fossero difformi dalle caratteristiche stabilite dalla vigente normativa, si darà luogo alle necessarie variazioni nei materiali.

Per tutti i ritardi nell'inizio della fornitura derivanti dalle difformità sopra accennate o dalla ritardata presentazione delle Certificazioni e che comportino una protrazione del tempo utile contrattuale, sarà applicata la penale prevista in contratto.



- *Prove sistematiche di controllo in fase esecutiva.* In relazione a quanto precisato circa la qualità e le caratteristiche dei materiali per la loro accettazione, l'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, **sottostando a tutte le spese di prelevamento e di invio dei campioni ai Laboratori Ufficiali** indicati dalla Stazione Appaltante.

In particolare, tutte le prove di analisi dei materiali saranno eseguite presso il **Centro Sperimentale Stradale "ANAS" di Cesano di Roma**, o presso altro Laboratorio Ufficiale Autorizzato. I campioni verranno prelevati in contraddittorio in ragione di una doppia serie di 10 ogni 5.000 pezzi forniti. Nelle serie sono compresi anche i dispositivi rifrangenti. Per una delle serie prelevate, a disposizione di eventuali prove in caso di controversie, sarà ordinata la conservazione nel competente Ufficio Compartimentale previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione. I risultati ottenuti in tali laboratori, saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti dell'appalto.

Tra la documentazione tecnica richiesta all'impresa appaltatrice, è compreso il Certificato d'origine del **polietilene ad alta densità** rilasciato dalla ditta produttrice contenente i valori relativi alla densità, al titolo in pigmento TiO₂ e all'indice di fluidità (Melt Index) del polimero.



7 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

L'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio, sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, tutti i disegni contabili delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite, con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera, ovvero la lavorazione interessata.

Tali disegni contabili, da predisporre su supporto informatico e da tradurre, almeno in duplice copia, su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione Lavori, per il necessario e preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, svolte durante l'esecuzione dei lavori, contraddittorio con l'Appaltatore.

La suddetta documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori (SAL) e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

Si evidenzia, inoltre, che tale documentazione contabile resterà di proprietà dell'ANAS.

Si precisa che:

- I lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche (ovvero a numero), così come rilevate dalla Direzione Lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori
- I lavori da compensare "a corpo", invece, saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche (ovvero a numero), rilevate dalla Direzione Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore, che verranno confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto di Appalto.

Per quanto riguarda la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e l'emissione delle relative rate d'acconto, il corrispettivo da accreditare nei SAL è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera.

All'avvenuto completamento di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione, redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la Direzione Lavori provvederà al pagamento del residuo con le suddette modalità, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.



4. Segnaletica orizzontale

Le quantità dei lavori e delle forniture saranno determinate con metodi geometrici, a numero od a peso, in relazione a quanto previsto nell'Elenco Prezzi.

I lavori saranno liquidati in base alle verifiche dei parametri prestazionali, indicate nei paragrafi precedenti di questo Capitolato.

Nel caso che dalle misure di controllo delle quantità risultassero dimensioni minori di quelle prescritte dalla DL sarà facoltà insindacabile della stessa ordinare la rimozione delle opere e la loro ricostruzione a cura e spese dell'Impresa. Nel caso le minori dimensioni accertate fossero compatibili con la funzionalità e la stabilità delle opere, queste potranno essere accettate e pagate, ad insindacabile giudizio della DL, in base alle quantità effettivamente eseguite con applicazione delle opportune detrazioni.

Le misure saranno eseguite in contraddittorio, mano a mano che si procederà all'esecuzione dei lavori, e riportate su appositi libretti che saranno firmati dagli incaricati della Direzione dei Lavori e dall'Impresa.

Resta sempre salva, in ogni caso, la possibilità di verifica e di rettifica anche in occasione della visita di collaudo.

In particolare:

- la valutazione delle strisce longitudinali sarà effettuata a metro lineare in base allo sviluppo effettivo secondo quanto indicato nei singoli articoli di elenco.
- La valutazione delle zebraure, linee di arresto e simili sarà effettuata a metro quadrato in base allo sviluppo effettivo della superficie verniciata e secondo quanto indicato nei singoli articoli di elenco.
- La valutazione delle scritte a terra sarà effettuata a metro quadrato in base alla superficie, vuoto per pieno, del parallelogramma che circonda ciascuna lettera.

5. Segnaletica verticale

La valutazione della segnaletica verticale sarà effettuata a numero o superficie secondo quanto indicato nei singoli articoli d'elenco.

Qualora i segnali d'indicazione o di preavviso siano realizzate mediante composizione di vari pannelli, la valutazione sarà effettuata applicando il relativo prezzo ai singoli pannelli.

Le dimensioni dei cartelli devono essere in ogni caso conformi a quanto prescritto dai regolamenti vigenti.

Nel caso di fornitura non regolamentare, questa potrà non essere accettata dal DL e dovrà essere rimossa a cura e spese dell'Appaltatore. Qualora quest'ultimo non intervenisse l'ANAS S.p.A. procederà in danno.



La valutazione dei sostegni sarà effettuata a numero, a metro lineare od a peso secondo quanto indicato nei singoli articoli di elenco.

6. Segnaletica complementare

La valutazione della segnaletica complementare sarà effettuata a numero secondo quanto indicato nei singoli articoli d'elenco.

7. Scavi in genere

Gli scavi di sbancamento e di fondazione necessari per la formazione delle fondazioni dei sostegni di segnali verticali sono compresi nel prezzo dei calcestruzzi, salvo che non sia diversamente indicato nei prezzi stessi.

L'esecuzione degli scavi in genere, con le modalità prescritte capitolato specifico, comprendente tra gli oneri particolari:

- il taglio delle piante ove necessario, l'estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti, ecc., ed il trasporto dei materiali di risulta a deposito o rifiuto secondo la normativa vigente in materia;
- il carico, trasporto e scarico dei materiali di scavo a rifiuto, a reimpiego od a deposito a qualsiasi distanza; il perfetto ripristino delle scarpate, dei fossi e delle banchine.

Qualora per la qualità del terreno, o per qualsiasi altro motivo, fosse necessario puntellare, sbatacchiare e armare le pareti degli scavi, l'Impresa dovrà provvedere senza alcun compenso speciale in quanto operazioni comprese negli oneri della sicurezza.

8. Conglomerati cementizi

I conglomerati cementizi, che non siano già compresi nella posa in opera dei segnali sia in fondazione che in elevazione, semplici o armati, verranno misurati a volume con metodo geometrico in base a misure dal vivo.

Non verranno dedotti il volume dei ferri di armatura e dei sostegni dei segnali ed i vani di volume minore o eguale a mc. 0,20 ciascuno intendendosi in tal modo compensato il maggior magistero richiesto per la formazione di eventuali fori o feritoie regolarmente disposti, da realizzare nel numero e delle posizioni che verranno richieste dalla Direzione dei Lavori.

Saranno valutati e pagati con i relativi prezzi di elenco i vari tipi di conglomerato cementizio armato esclusivamente in base al valore della resistenza caratteristica, prescritta secondo il progetto od ordinata per iscritto dalla Direzione dei Lavori.



Nel caso che dalle prove di rottura, risultasse per un conglomerato cementizio, un valore della resistenza caratteristica inferiore a quello richiesto, dopo l'accertamento che tale valore soddisfa ancora le condizioni statiche dell'opera, si provvederà all'applicazione del prezzo di elenco corrispondente al valore della resistenza caratteristica riscontrato con l'applicazione delle opportune detrazioni.

Nel caso invece, che dalle prove di rottura risulti una resistenza caratteristica superiore a quella prescritta secondo progetto od ordinata per iscritto dalla Direzione Lavori, non si darà luogo ad alcuna maggiorazione del prezzo unitario stabilito in elenco.

Sono compresi nel prezzo del conglomerato la fornitura a piè d'opera di tutti i materiali necessari (inerti, leganti, acqua, ecc.), la mano d'opera, la cassaforma, le armature di sostegno dei casseri, le attrezzature e macchinari per la confezione, la posa in opera, la vibrazione dei calcestruzzi e quanto altro occorra per dare il lavoro finito a completa regola d'arte.

9. Casseforme

Le casseforme, salvo diversa indicazione negli articoli di elenco, sono comprese nel prezzo dei conglomerati cementizi sia ordinari sia armati.

10. Acciaio per strutture in C.A.

Il peso dell'acciaio tondo per l'armatura del calcestruzzo, verrà determinato mediante il peso teorico corrispondente ai vari diametri effettivamente prescritti, trascurando le quantità superiori alle prescrizioni, le legature gli eventuali distanziatori e le sovrapposizioni per le giunte non previste o non necessarie intendendosi come tali anche quelle che collegano barre di lunghezza inferiore a quella commerciale.

Il peso del ferro in ogni caso verrà determinato con mezzi analitici ordinari, misurando cioè lo sviluppo lineare effettivo di ogni barra (seguendo le sagomature e uncinature) e moltiplicando per il peso unitario determinato in base alle dimensioni nominali ed al peso specifico di $7,85 \text{ kg/dm}^3$.

Il peso dell'acciaio speciale ad alto limite elastico, di sezione anche non circolare sarà determinato moltiplicando lo sviluppo lineare dell'elemento per il peso unitario del tondino di sezione corrispondente determinato in base al peso specifico di $7,85 \text{ kg/dm}^3$.

Il tondino sarà fornito e dato in opera nelle casseforme, dopo aver subito tutte le piegature, sagomature e legature progettuali, curando che la posizione dei ferri coincida rigorosamente con quella fissata nei disegni esecutivi.

•

11. Profilati e manufatti in acciaio



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.24 - Rev.1.0
Segnaletica stradale

I manufatti in acciaio, in profilati comuni o speciali, od in getti di fusione, saranno pagati secondo i prezzi di Elenco.

Tali prezzi si intendono comprensivi della fornitura dei materiali, lavorazione secondo i disegni, posa e fissaggio in opera, verniciatura e/o zincatura a caldo ed ogni altro onere per dare il lavoro compiuto a perfetta regola d'arte.

Qualora i prezzi di elenco di detti manufatti prevedano la valutazione a peso verrà determinato prima della posa in opera mediante pesatura da verbalizzare in contraddittorio.



8 NON CONFORMITA' E SANZIONI

Tutte le prestazioni dei componenti la segnaletica stradale, orizzontale, verticale e complementare, prescritti dal progetto e dichiarati nel **Dossier di Prodotto** potranno essere singolarmente verificati in corso d'opera.

Ogni inidoneità riscontrata obbliga l'Appaltatore all'applicazione dei necessari correttivi, ovvero alla sostituzione del componente inidoneo con altro componente che assicuri le prestazioni dovute.

Qualora le caratteristiche e la qualità dei materiali non dovessero corrispondere ai limiti in precedenza indicati, la fornitura dei prodotti sarà ritenuta **non conforme** e la **Direzione Lavori** procederà nei modi di seguito descritti:

- per **irregolarità relative alla qualità dei materiali** e quanto altro possa concorrere, anche in modo parziale, a compromettere le caratteristiche prestazionali richieste e la durata delle opere realizzate, l'Appaltatore sarà tenuto a **sostituire a sue spese i materiali in difetto** con altri che rispondano alle caratteristiche richieste;
- per **irregolarità relative a caratteristiche** che, comunque, non concorrano a compromettere le prestazioni delle opere realizzate, quali ad esempio l'inefficacia delle protezioni anticorrosive dei materiali metallici, in particolare quelle presenti nei pannelli, nei sostegni, nei fissaggi e nelle strutture in acciaio costituenti i portali, ovvero di altre caratteristiche prestazionali dei materiali utilizzati, si procederà all'applicazione di una **sanzione in percentuale sul prezzo** pari a quelle di seguito indicate:

Tabella 45: Sanzioni previste per le irregolarità rilevate sulle protezioni anticorrosive e le altre caratteristiche prestazionali previste per i pannelli, sostegni, fissaggi e le strutture in acciaio afferenti la segnaletica verticale

Non Conformità	Azioni
Per irregolarità relative allo spessore delle protezioni anticorrosive che, comunque, non concorrano a compromettere le prestazioni dei dispositivi di sicurezza, minore al 20% di spessore in meno.	Il materiale sarà accettato dalla D.L. ma verrà applicata una sanzione economica così ripartita: dal 0,1% al 5,0% in meno di protezione anticorrosiva, una sanzione pari al 2.5% dell'intera FpO; dal 5,1% al 10,0% in meno di protezione anticorrosiva, una sanzione pari al 5% dell'intera FpO; dal 10,1% al 15,0% in meno di protezione anticorrosiva, una sanzione pari al 7.5% dell'intera FpO; dal 15,1% al 19,9% in meno di protezione anticorrosiva, una sanzione pari al 10% dell'intera FpO.



Per irregolarità relative allo spessore delle protezioni anticorrosive che, comunque, non concorrano a compromettere le prestazioni dei dispositivi di sicurezza, uguale o superiore al 20% di spessore in meno.	L'Appaltatore sarà tenuto a sostituire a sue spese i materiali non conformi con altri che rispondano alle caratteristiche richieste, nei tempi contrattuali stabiliti.
--	--

- **Per irregolarità relative alle modalità di installazione**, o per esito negativo delle verifiche sulle prestazioni complessive dell'impianto segnaletico realizzato, l'Appaltatore è tenuto a sua cura e spese al completo rifacimento dell'impianto, sia questo afferente alla segnaletica orizzontale, verticale o complementare, ovvero alla parte di essi risultante inidonea

L'esito delle prove farà fede a tutti gli effetti.

In ogni caso, i materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere e riciclati o smaltiti a cura e spese dell'Appaltatore.

Le **prestazioni complessive degli impianti segnaletici** saranno verificate con riferimento alla verifica delle caratteristiche prestazionali richieste nel presente Capitolato, con le modalità specificate nell'Appendice.

Per l'Appaltatore, il riscontro della mancata o carente realizzazione di impianti segnaletici conformi alle prescrizioni contrattuali, comporta l'onere di revisione del progetto del piano di segnalamento e di revisione/integrazione dell'intervento effettuato, entro un termine di tempo che verrà stabilito dalla **Direzione Lavori**.



9 COLLAUDO

Il **Collaudatore**, alla fine dei lavori di realizzazione delle opere, dovrà procedere al **collaudo** dei sistemi segnaletici realizzati, siano essi afferenti alla segnaletica orizzontale, verticale ovvero complementare, allo scopo di accertarne la rispondenza alle indicazioni progettuali. Nel dettaglio, le attività di collaudo sono distinte nelle due tipologie di verifiche di seguito riportate, che devono essere attuate in sequenza:

- il Collaudo tecnico amministrativo, che consiste nella verifica puntuale della rispondenza tra opere realizzate ed opere progettate, con particolare riferimento alle caratteristiche geometriche e dimensionali delle opere, alle caratteristiche strutturali, a quelle prestazionali dei singoli componenti e, quindi, del sistema nel suo complesso, oltre che della rispondenza dei valori indicati nelle dichiarazioni di prestazione (attestazione di Marcatura CE) e nel dossier di Prodotto;
- la verifica della prestazione fotometrica, da attuare attraverso l'esecuzione di rilevazioni puntuali e, se disponibile il mezzo, con rilievi dinamici in corrispondenza dei punti e dei tratti di misura significativi per le varie tipologie di segnaletica.

La non rispondenza di una o più delle verifiche di cui al punto i. non consente l'esecuzione delle verifiche di cui al punto ii. ciò, in quanto, tali non rispondenze sono da imputarsi ad errori di esecuzione e, di conseguenza, rendono non collaudabile e liquidabile il lavoro.

12. Collaudo delle caratteristiche tecnologiche dei segnali stradali

Vengono di seguito descritte le modalità di collaudo delle caratteristiche geometriche, dimensionali e strutturali delle varie tipologie di segnaletica installate.

Le prove richieste dal Collaudatore saranno a carico dell'Appaltatore del sistema segnaletico specifico.

La parte integrante del collaudo delle suddette caratteristiche è rappresentata dalla verifica puntuale dei seguenti documenti, che dovranno essere consegnati dall'Impresa alla Direzione Lavori al termine di tutte le lavorazioni:

- Elaborati progettuali e costruttivi finali dell'opera (*As-Built*)
- Dichiarazione di prestazione (attestazione di Marcatura CE)
- Rapporti di prova
- Manuale di installazione



- Manuale di manutenzione

Nel dettaglio, il collaudo delle caratteristiche tecnologiche e prestazionali dei segnali, ad esclusione delle prestazioni fotometriche e colorimetriche del sistema segnaletico considerato, consiste nello svolgimento delle seguenti attività:

- verifica delle caratteristiche geometriche e dimensionali;
- verifica delle **caratteristiche tecnologiche dei materiali** (ad es. anche mediante l'esecuzione di prove di durabilità specifiche per ogni tipo di materiale costituente la varie categorie segnaletiche);
- verifica delle **caratteristiche prestazionali ad esclusione di quelle fotometriche e colorimetriche** (ad es. la resistenza al derapaggio dei prodotti della segnaletica orizzontale)
- verifica del corretto **serraggio di tirafondi e bulloni** nelle strutture in acciaio e alluminio costituenti i sostegni a portale della segnaletica verticale.

Qualora caratteristiche dell'opera realizzata non rispondano alle specifiche di progetto, l'opera dovrà essere adeguata e resa conforme alle specifiche progettuali, secondo le prescrizioni del Collaudatore

Il Collaudatore, dopo aver concluso le suddette attività (descritte in dettaglio nei successivi Paragrafi) e verificato il rispetto di quanto eventualmente richiesto, provvederà quindi al rilascio del relativo Certificato di collaudo.

13. Collaudo delle caratteristiche fotometriche e colorimetriche dei segnali stradali

Il collaudo funzionale delle caratteristiche fotometriche e colorimetriche dell'impianto segnaletico oggetto del collaudo, deve essere effettuato attraverso le due fasi successive che vengono di seguito riportate:

- **Collaudo dell'opera realizzata**, che consiste nell'analisi della documentazione tecnica (relazioni di progetto, certificati di attestazione delle caratteristiche dei materiali, ecc.), oltre che nella verifica, anche per ispezione visiva, dei componenti del sistema segnaletico oggetto del collaudo (assenza di distacchi nelle pitture, corretto inserimento dei sistemi antirotazione nei sostegni dei pannelli per la segnaletica verticale, inasportabilità dei dispositivi catarifrangenti nei delineatori normali, ecc.);
- **Collaudo funzionale**, che consiste nella:
 - **verifica delle caratteristiche fotometriche** del sistema segnaletico oggetto dell'appalto;



- verifica delle caratteristiche colorimetriche e del fattore di luminanza del sistema segnaletico oggetto dell'appalto;
- **verifica della coerenza dei prodotti e dispositivi installati**, sia nel loro insieme che per tipologia di segnaletica installata, con il **Progetto di Segnalamento** predisposto dal committente.

Le modalità di verifica sono analoghe sia in strade esistenti, sia in strade di nuova realizzazione.

- La verifica delle caratteristiche fotometriche, colorimetriche e del fattore di luminanza, consiste nella effettuazione dei rilievi fotometrici e colorimetrici *post-operam* presso punti di misura significativi, direttamente sulla strada ovvero sui segnali verticali e/o complementari pre-individuati contestualmente tra la DL e impresa appaltatrice (Punti di Controllo).

Il collaudo si considera superato se le verifiche effettuate confermano l'effettivo conseguimento delle prestazioni fotometriche, colorimetriche e tecnologiche prescritte. Il dettaglio delle operazioni di verifica e di calcolo da eseguire in fase di collaudo è riportato in Appendice.



10 MANUTENZIONE

I materiali e i dispositivi che costituiscono il “sistema segnaletica stradale” devono essere dotati di un **Piano di Manutenzione**.

Tale Piano, che costituisce parte integrante del Progetto Esecutivo, deve prevedere, pianificare e programmare le attività di manutenzione dei materiali e dei dispositivi costituenti il “sistema segnaletica stradale”, allo scopo di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

14. Contenuti e articolazione del Piano di Manutenzione

Il Regolamento D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE» è stato **abrogato** a fare data dal 19 Aprile 2016 ad esclusione di una serie di articoli che resteranno in vigore fino all'emanazione degli atti richiamati nel Nuovo Codice dei Contratti d.lgs. n. 50 del 18 Aprile 2016 (decreti del MIT attuativi e Linee-guida dell' ANAC).

Fino alla data di entrata in vigore del decreto di cui all'articolo 23, comma 3, del D.lgs. n. 50 del 18 Aprile 2016, concernente la definizione dei contenuti della progettazione nei tre livelli progettuali, continuano ad applicarsi le disposizioni di cui alla parte II, titolo II, capo I e titolo XI, capi I e II , nonché gli allegati o le parti di allegati ivi richiamate, con esclusione dell'articolo 248, del decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207.

Sulla base di quanto indicato all'art.38 del D.P.R. n. 207/2010, articolo provvisoriamente ancora in vigore, il **Piano di Manutenzione** è costituito dai seguenti **documenti operativi**:

- **Manuale d'uso**, che riporta i metodi di ispezione da utilizzare allo scopo di individuare i possibili difetti che possono influenzare la durabilità del bene, la cui risoluzione consente di garantire l'allungamento della vita utile del sistema ed il mantenimento del valore patrimoniale dello stesso;
- **Manuale di manutenzione**, che costituisce lo strumento in grado di gestire un contratto di manutenzione ordinaria e l'eventuale ricorso ai centri di assistenza o di servizio;
- **Programma di manutenzione**, che definisce e programma gli interventi necessari a garantire la funzionalità, la durabilità ed il corretto esercizio degli impianti segnaletici realizzati, nonché la frequenza, gli oneri e le strategie di attuazione degli interventi da compiere nel medio e nel lungo periodo; in particolare, tale programma deve essere definito in funzione delle prestazioni attese (per classe di requisito), dei controlli da eseguire nei successivi momenti del ciclo di vita dell'impianto/i (dinamica delle



prestazioni), oltre che dell'organizzazione temporale degli interventi di manutenzione da realizzare.

Si ritiene comunque opportuno evidenziare come, già nelle fasi di esecuzione delle scelte progettuali e costruttive, si dovrà tener conto dell'esigenza di minimizzare la necessità di prevedere interventi di manutenzione sugli impianti realizzati. A tale proposito, è opportuno che la realizzazione dell'impianto/i segnaletici sia tale da garantire che, dopo il suo collaudo, durante la **Vita di Servizio dei materiali e dei dispositivi** (si veda la tabella relativa alla **vita utile dei prodotti segnaletici nel Paragrafo 23 11 relativo alla garanzia che deve fornire l'appaltatore per il lavoro realizzato**) non debbano di norma venire eseguiti importanti lavori di manutenzione, escludendo i lavori dovuti a cause accidentali, nonché gli interventi di pulizia ordinaria e di eventuale rimozione dei graffi. L'Appaltatore, in caso di esito negativo dei controlli, sarà chiamato a sostituire gli elementi divenuti inidonei, per i periodi sopra richiamati. Lo stesso Appaltatore si dovrà quindi impegnare a fornire, per i suddetti periodi di garanzia, elementi uguali a quelli messi in opera, oppure a sostituirli con elementi aventi almeno pari prestazioni e tali da non compromettere la funzionalità del sistema realizzato. Nei successivi paragrafi, distinti tra prodotti segnaletici usurabili ed elementi strutturali, sono riportati (a titolo indicativo e non esaustivo) gli interventi di manutenzione da prevedere per le principali categorie di materiali che costituiscono i sistemi segnaletici, singoli o integrati.

15. Manutenzione dei prodotti e dei dispositivi costituenti la segnaletica stradale

Vengono di seguito riportate le attività di controllo e gli interventi per la manutenzione degli elementi segnaletici che costituiscono il sistema, con l'indicazione della frequenza con le quali devono essere attuate. I controlli devono essere eseguiti con riferimento ai differenti possibili materiali con i quali sono realizzati i sottosistemi. Si sottolinea, inoltre, come il suddetto elenco sia da considerarsi come minimo, ma non esaustivo. A tale proposito, si evidenzia come le attività di controllo saranno tutte effettuate da parte di ANAS, mentre gli eventuali interventi di manutenzione dovranno essere eseguiti a carico, rispettivamente, dell'Appaltatore (Tabella n. 46) e di ANAS (Tabella n. 47).

Tabella 46: Interventi di manutenzione da eseguire a carico dell'Appaltatore.

Attività di controllo		
SEGNALETICA ORIZZONTALE	Frequenza	Intervento di manutenzione



Verifica dell'integrità delle strisce longitudinali	3 ÷ 6 mesi	Ripasso dei prodotti nei casi di distacco dalla pavimentazione
Verifica delle prestazioni fotometriche	3 ÷ 6 mesi	Ripasso del prodotto con microsfere di vetro postspruzzate per ristabilire le prestazioni prescritte
Verifica delle prestazioni colorimetriche	3 ÷ 6 mesi	Ripasso del prodotto in caso di scolorimento o ingrigimento dovuta alla risalita del butume o all'eccessiva postspruzzatura di microsfere di vetro di vetro
Verifica della resistenza al derapaggio	3 ÷ 6 mesi	Postspruzzatura di granuli antiderapanti in caso di riduzione dell'aderenza dei pneumatici con valori di SRT inferiori a quelli prescritti
SEGNALETICA VERTICALE	Frequenza	Intervento di manutenzione
Controllo delle caratteristiche fotometriche e colorimetriche	3 ÷ 5 anni	In caso di non conformità dei rilievi, ripristino delle pellicole applicate ai pannelli rispettando la tecnologia di realizzazione e la classe di prestazione
Controllo dello stato della verniciatura e/o zincatura e/o conservazione dei pannelli, dei sostegni e dei fissaggi	3 ÷ 5 anni	Ripristino verniciatura e/o zincatura o trattamento con prodotti specifici per il ferro
Verifica dei dispositivi inamovibili antirotazione per i sostegni dei segnali a sezione circolare	3 ÷ 5 anni	Quando necessario, sostituzione del dispositivo antirotazione sia del segnale rispetto al sostegno, sia del sostegno rispetto al terreno
SEGNALETICA COMPLEMENTARE	Frequenza	Intervento di manutenzione
Ispezione per valutare l'integrità ed il corretto posizionamento del dispositivo rifrangente	1 anno	Sostituzione del dispositivo e verifica dell'integrità dell'incasso.
Controllo della stabilità del delineatore e dell'integrità delle caratteristiche del polimero	2 anni	Sostituzione del delineatore in caso di perdita di stabilità causata dai raggi UV o dalle escursioni termiche

Tabella 47: Interventi di manutenzione da eseguire a carico di ANAS



Attività di controllo		
SEGNALETICA ORIZZONTALE	Frequenza	Intervento di manutenzione
Verifica della visibilità diurna e notturna nei punti in cui l'impianto è soggetto ad essere sporcato dal passaggio dei mezzi	6 mesi	Lavaggio con acqua a pressione delle strisce compromesse dallo sporco e dal grasso
Ispezione dell'integrità delle strisce	1 anno	Segnalazione agli utenti dell'assenza di segnaletica orizzontale e apposizione del pannello integrativo prescritto (Modello II 6/a art. 83 Regolamento di Attuazione del NCS)
SEGNALETICA VERTICALE	Frequenza	Intervento di manutenzione
Ispezione dell'integrità delle pellicole e verifica dei danni esterni (graffi, urti, vandalismo, ecc.)	1 anno	Sostituzione del pannello in caso di danneggiamento grave
Ispezione della pulizia del pannello	1 anno	Sciogliere con acqua evitando getti con pressione eccessiva, trattamento con prodotti specifici per la rimozione graffi
Ispezione per valutare la presenza ed il serraggio di bulloni o parti diverte sporgenti	2 anni	Riposizionamento degli elementi nella loro posizione originale / serraggio bulloni
SEGNALETICA COMPLEMENTARE	Frequenza	Intervento di manutenzione
Ispezione dell'integrità dei dispositivi rifrangenti e verifica dei danni esterni (graffi, urti, vandalismo, ecc.)	1 anno	Sostituzione del catadiottro in caso di danneggiamento grave
Verifica dell'integrità del delineatore (rotture, piegamenti, deformazioni dovute all'azione del fuoco, ecc.)	1 anno	Sostituzione del delineatore in caso di danneggiamento grave

16. Manutenzione degli elementi strutturali in acciaio e alluminio



Il problema della **corrosione** delle parti metalliche è un fenomeno che interessa tutte le strutture, ma che è particolarmente accentuato in ambito stradale.

A tale proposito, infatti, si evidenzia che i sali disgelanti sparsi sulle pavimentazioni intaccano il metallo, assieme alle nebbie, all'umidità ed ai cicli di gelo-disgelo.

Sulle strade, inoltre, sono diffusi contatti, non previsti e non adeguatamente protetti, tra materiali aventi differente potenziale elettrico e diversa resistenza alla corrosione; a tale proposito si verifica quello che viene definito "effetto pila", che avviene a scapito del materiale più nobile.

Questi problemi vengono risolti tramite le operazioni di zincatura e verniciatura, che garantiscono agli elementi metallici una lunga durata ed una buona garanzia di conservazione delle prestazioni meccaniche.

È importante valutare le condizioni dei sostegni e dei fissaggi dei pannelli e delle strutture a traliccio e/o tubolari in acciaio dei portali e, in particolare, che non siano presenti segni di usura, nonché valutare le eventuali presenze di fenomeni corrosivi e lo stato della zincatura e verniciatura.

Sul sostegno, come sul traliccio dei portali non devono essere presenti deformazioni per urti violenti e, inoltre, gli elementi non devono assolutamente essere curvati; qualora si riscontrino le predette condizioni, occorre procedere alla loro sostituzione. La rimozione e la sostituzione di un traliccio è un'operazione impegnativa, che richiede l'utilizzo di mezzi meccanici e con un maggiore impatto sull'esercizio dell'infrastruttura stradale.

Le attività di controllo opportunamente cadenzate saranno tutte effettuate da parte di ANAS mentre gli eventuali interventi per la manutenzione degli elementi strutturali in acciaio e del sistema segnaletico dovranno essere eseguiti sia dall'Appaltatore (nel periodo di garanzia dei segnali) che da ANAS.

17. Manutenzione degli accessori metallici

Anche le piccole parti metalliche, quali **viti, dadi e rondelle** collegati agli elementi di fissaggio del pannello, ovvero la verifica della permanenza della zincatura a caldo sugli elementi costituenti il segnale, devono essere oggetto di periodiche ispezioni e attività di manutenzione.

Qualora nei sostegni a portale siano presenti **bulloni non dotati di un controdado**, è importante verificare che gli sforzi di fatica, dovuti allo spostamento d'aria generato dal passaggio del traffico veicolare, non possano creare un allentamento, facendo diminuire la coppia di serraggio del dado applicato al tirafondo.

A tale proposito, la Direzione Lavori stabilirà numero e collocazione dei bulloni che saranno marcati con una linea di vernice indelebile, volta a garantire l'evidenza di un eventuale allentamento.



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.24 - Rev.1.0
Segnaletica stradale

Si evidenzia, comunque, che in ogni caso **controlli con chiave dinamometrica** saranno eseguiti periodicamente da parte di ANAS (**almeno ogni 5 anni**), allo scopo di controllare il reale fissaggio dell'opera al manufatto.

È importante, inoltre, effettuare il controllo della condizione di tutti gli elementi metallici; in caso di danni o lacune, la relativa sostituzione di tali elementi è a carico dell'Appaltatore.

18. Ripristino dei danni da vandalismo

Nel **Piano di Manutenzione** sopra citato dovrà essere inclusa l'adozione di un **programma di ripristino** dei sistemi posti in opera che saranno eventualmente oggetto di specificati atti di **vandalismo**.



11 GARANZIA

11.1 SEGNALETICA ORIZZONTALE

L'Impresa deve garantire quanto segue:

la segnaletica orizzontale permanente eseguita, in funzione del prodotto utilizzato, deve essere garantita dall'Appaltatore per i periodi minimi indicati nella seguente tabella:

Tabella 48: Durata minima di vita funzionale* dei prodotti per la segnaletica orizzontale

PRODOTTO SEGNALETICO	DURATA DI VITA FUNZIONALE
Pittura a solvente organico (colore bianco)	6 mesi
Pittura a solvente acquoso (colore bianco)	8 mesi
Pittura in materiale termoplastico (colore bianco)	24 mesi
Pittura in materiale plastico a freddo (colore bianco)	24 mesi
Prodotti preformati (colore bianco)	36 mesi
Inseri stradali catarifrangenti	24 mesi

* La durata minima di vita funzionale è la durata in cui tutti i requisiti prestazionali prescritti, per ogni singolo prodotto, sono presenti e il decadimento degli stessi, al termine del periodo indicato, è comunque contenuto all'interno delle classi di prestazione iniziale significative (il minimo prescritto per rispondere al requisito richiesto) prescritte dalla UNI EN 1436.

Al termine dei suddetti periodi di garanzia, i prodotti segnaletici stesi o installati devono presentare le seguenti caratteristiche:

- i prodotti per segnaletica orizzontale devono presentare una striscia visibile, compatta ed uniforme, senza distacchi e con le dimensioni originali di stesa integre;
- le coordinate cromatiche dei prodotti per segnaletica orizzontale devono ricadere all'interno del box cromatico prescritto per il colore bianco;
- i valori di retroriflessione dei prodotti per segnaletica orizzontale non devono essere inferiori alla classe R2 (100) della UNI EN 1436;
- la resistenza al derapaggio dei prodotti per segnaletica orizzontale non deve essere inferiore alla classe S1 (45) della UNI EN 1436;
- il coefficiente di intensità luminosa R, degli inserti stradali catarifrangenti, misurato ad un an-



golo di incidenza di $0,3^\circ$ e ad un angolo di illuminazione di $\pm 5^\circ$, non deve essere minore dell'80% del valore esposto nella Tabella 17 del presente CSA;

- Il fattore di luminanza, degli inserti stradali catarifrangenti, non deve essere minore dell'80% del valore esposto nella Tabella 19 del presente CSA.

L'Impresa non avrà nulla a pretendere, in caso di rifacimenti successivi al primo impianto e per il mantenimento dei requisiti prestazionali entro il periodo minimo indicato per ciascun prodotto.

L'Impresa appaltatrice dovrà verificare, in contraddittorio con il Direttore dei Lavori, le condizioni di non conformità dell'impianto segnaletico eventualmente rilevate nel periodo di vita funzionale assicurata. Nei casi in cui non si rilevino particolari situazioni anomale che possono giustificare la non conformità in quanto causata da fatti imprevedibili, su disposizione del DL, l'impresa dovrà rifare la segnaletica non conforme durante il periodo in cui l'impianto è ancora in garanzia. A tal fine ANAS SpA richiede il mantenimento di una **fidejussione** da parte del soggetto appaltatore, per un periodo corrispondente alla durata di vita funzionale garantita per ciascun prodotto, a partire dalla data del collaudo tecnico amministrativo del lavoro, per un importo pari al **5%** del valore dell'installazione (fornitura e posa in opera).

Tale fidejussione, che è finalizzata a garantire il rispetto degli standard di qualità dei materiali e dell'installazione complessiva nei tempi fissati, viene svincolata al termine del periodo suddetto, a seguito del positivo esito delle verifiche sopra descritte.

11.2 SEGNALETICA VERTICALE

L'Impresa deve garantire quanto segue:

la segnaletica verticale permanente installata, in funzione del prodotto utilizzato, deve essere garantita dall'Appaltatore per i periodi minimi indicati nella seguente tabella:

Tabella 49: Durata minima di vita funzionale* dei prodotti per la segnaletica verticale

PRODOTTO SEGNALETICO	DURATA DI VITA FUNZIONALE
Segnali verticali con pellicola di classe RA1	7 anni
Segnali verticali con pellicola di classe RA2	10 anni
Segnali verticali con pellicola a microprismi	12 anni
Segnali verticali con pellicola a microprismi fluoro-rifrangente	10 anni



* La durata minima di vita funzionale è la durata in cui tutti i requisiti prestazionali prescritti, per ogni singolo prodotto, sono presenti e il decadimento di alcuni di essi (R_A), al termine del periodo indicato, è comunque contenuto nel limite percentuale indicato per ogni singolo prodotto (UNI EN 12899-1).

Alla fine del suddetto periodo di garanzia la segnaletica verticale deve presentare le seguenti caratteristiche:

- a pellicola deve presentarsi non scolorita, priva di distacchi, delaminazioni, rigonfiamenti, incrinature ecc.;
- le coordinate cromatiche per le varie tipologie di pellicole devono ricadere all'interno del box cromatico prescritto dalle norme di riferimento per i relativi colori;
- i valori del coefficiente di retroriflessione R_A , misurato agli angoli di osservazione e illuminazione prescritti, non dovranno essere inferiori dell'80% dei valori tabellati per i vari colori e le varie tipologie di pellicole.

L'Impresa non avrà nulla a pretendere, in caso di rifacimenti successivi al primo impianto e per il mantenimento dei requisiti prestazionali entro il periodo minimo indicato per ciascun prodotto.

L'Impresa appaltatrice dovrà verificare in contraddittorio con il Direttore dei Lavori le condizioni di non conformità eventualmente rilevate nel periodo di vita funzionale assicurata. Nei casi in cui non si rilevino particolari situazioni anomale che possono giustificare la non conformità in quanto causata da fatti imprevedibili, su disposizione del DL, l'impresa dovrà rifare la segnaletica non conforme durante il periodo in cui l'impianto è ancora in garanzia. A tal fine ANAS SpA richiede il mantenimento di una **fidejussione** da parte del soggetto appaltatore, per un periodo corrispondente alla durata di vita funzionale garantita per ciascun prodotto, a partire dalla data del collaudo tecnico amministrativo del lavoro, per un importo pari al **5%** del valore dell'installazione (fornitura e posa in opera).

Tale fidejussione, che è finalizzata a garantire il rispetto degli standard di qualità dei materiali e dell'installazione complessiva nei tempi fissati, viene svincolata al termine del periodo suddetto, a seguito del positivo esito delle verifiche sopra descritte.

11.3 SEGNALETICA COMPLEMENTARE

L'Impresa deve garantire quanto segue:

la segnaletica complementare installata, in funzione del prodotto utilizzato, deve essere garantita dall'Appaltatore per i periodi minimi indicati nella seguente tabella:



Tabella 50: Durata minima di vita funzionale* dei prodotti per la segnaletica complementare

PRODOTTO SEGNALETICO	DURATA DI VITA FUNZIONALE
Delineatore normale di margine D3	5 anni
Dispositivo rifrangente R2	5 anni

* La durata minima di vita funzionale è la durata in cui tutti i requisiti prestazionali prescritti, per ogni singolo prodotto, sono presenti e il decadimento degli stessi, al termine del periodo indicato, è comunque contenuto all'interno delle classi di prestazione iniziale prescritte dalla UNI EN 12899-3.

Alla fine del suddetto periodo di garanzia la segnaletica verticale deve presentare le seguenti caratteristiche:

- il corpo del delineatore non deve presentare rigonfiamenti, rotture, deformazioni evidenti, modifica del colore del corpo e scolorimento della parte terminale di colore nero;
- le coordinate cromatiche della superficie del delineatore normale devono ricadere all'interno del box cromatico prescritto dalla norma di riferimento per i relativi colori (bianco e nero);
- le coordinate cromatiche dei dispositivi rifrangenti devono ricadere all'interno del box cromatico prescritto dalla norma di riferimento per i relativi colori;
- i valori del coefficiente di retroriflessione R_{av} , misurato agli angoli di osservazione e illuminazione prescritti, non dovranno essere inferiori dell'80% dei valori tabellati per i vari colori (bianco, giallo e rosso) dei dispositivi rifrangenti.

L'Impresa non avrà nulla a pretendere, in caso di rifacimenti successivi al primo impianto e per il mantenimento dei requisiti prestazionali entro il periodo minimo indicato per ciascun prodotto.

L'Impresa appaltatrice dovrà verificare in contraddittorio con il Direttore dei Lavori le condizioni di non conformità eventualmente rilevate nel periodo di vita funzionale assicurata. Nei casi in cui non si rilevino particolari situazioni anomale che possono giustificare la non conformità in quanto causata da fatti imprevedibili, su disposizione del DL l'impresa dovrà rifare la segnaletica non conforme durante il periodo in cui l'impianto è ancora in garanzia. A tal fine ANAS SpA richiede il mantenimento di una **fidejussione** da parte del soggetto appaltatore, per un periodo corrispondente alla durata di vita funzionale garantita per ciascun prodotto, a partire dalla data del collaudo tec-



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.24 - Rev.1.0
Segnaletica stradale

nico amministrativo del lavoro, per un importo pari al **5%** del valore dell'installazione (fornitura e posa in opera).

Tale fidejussione, che è finalizzata a garantire il rispetto degli standard di qualità dei materiali e dell'installazione complessiva nei tempi fissati, viene svincolata al termine del periodo suddetto, a seguito del positivo esito delle verifiche sopra descritte.



12 APPENDICE

12.1 NORMATIVE E RIFERIMENTI

Il recente quadro normativo afferente la segnaletica stradale. I materiali e i dispositivi utilizzati nei lavori di segnaletica stradale, disciplinati nel presente Capitolato Tecnico, dovranno essere installati nel pieno rispetto delle norme vigenti, in particolare gli articoli 77 e seguenti del Regolamento per quanto attiene la segnaletica verticale; l'art. 35 inerente i segnali orizzontali temporanei e i dispositivi retroriflettenti integrativi relativamente ai lavori ed i depositi su strada e i relativi cantieri che devono essere dotati di sistemi di segnalamento temporaneo; gli articoli 137 e seguenti per quanto concerne la segnaletica orizzontale; gli articoli 153 e 154 per quanto riguarda i dispositivi retroriflettenti integrativi della segnaletica orizzontale e gli altri dispositivi contemplati nel Regolamento; gli articoli 173 e 174 relativamente ai delineatori normali di margine e ai delineatori speciali nel contesto della prescrizioni per la segnaletica complementare.

Nel corso dei lavori afferenti la segnaletica (orizzontale, verticale e complementare), sar  obbligo delle imprese appaltatrici, esecutrici o affidatarie, di adottare nell'esecuzione dei lavori tutti i provvedimenti e le cautele necessarie per assicurare la sicurezza dei lavoratori, nonch  per evitare danni a beni pubblici e privati. Inoltre, l'impresa   obbligata agli adempimenti previsti dal D.lgs. n. 81/2008 e successive modifiche in attuazione dell'articolo 1 della Legge, n. 123/2007 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. In particolare, in riferimento al **Decreto Interministeriale del 04/03/2013**, in attuazione di quanto previsto dall'art. 161, comma 2-bis, del D.lgs. 81/08, l'impresa dovr  rispettare il regolamento, emanato con il predetto Decreto, che individua le procedure di revisione, integrazione e apposizione della segnaletica stradale destinata alle attivit  lavorative che si svolgano in presenza di traffico veicolare.

Le imprese appaltatrici, esecutrici o affidatarie, nelle attivit  di apposizione della segnaletica per la delimitazione di cantieri stradali in presenza di traffico veicolare, applicano almeno i criteri minimi di sicurezza di cui all'allegato I del predetto regolamento e ne danno evidenza nei documenti della sicurezza. Dell'adozione e applicazione dei criteri minimi, anche l'ente appaltante proprietario delle strade (gestore delle infrastrutture), ne d  evidenza nei propri documenti della sicurezza.

Il presente Capitolato Tecnico, relativamente ai prodotti e dispositivi utilizzati,   strutturato, oltre che sulle norme cogenti relative alla segnaletica stradale, anche su una serie di norme volontarie predisposte da parte dell'UNI e del CEN, sia per la caratterizzazione fisica, chimica e tecnologica dei materiali costituenti i prodotti e i dispositivi segnaletici, sia per la valutazione delle caratteristiche prestazionali degli impianti realizzati con l'uso di tali materiali.

Tra le due categorie di norme (cogenti e volontarie), si   inserita una terza tipologia, le cosiddette norme coperte da Mandato della Commissione Europea (norme armonizzate) che spostano l'attivit  di controllo del Committente dalla verifica dei materiali utilizzati in corso d'opera, intesa come



verifica quali-quantitativa dei singoli componenti costituenti il prodotto o il dispositivo, alla valutazione della prestazione finale fornita all'utente del servizio da parte dei prodotti stessi, una volta applicati e attivi nel contesto delle opere stradali.

In base alle regole comunitarie condivise da tutti gli Stati membri, nel caso di norme coperte da Mandato, dopo un periodo di coesistenza, le norme nazionali (anche cogenti), inerenti o in contraddizione, devono essere ritirate.

Le caratteristiche qualitative dei materiali e dei dispositivi sono a carico del produttore e del fornitore che dovr operare in regime di qualit, adottando il sistema di gestione indicato dalla UNI EN ISO 9001, fornendo al Committente la documentazione prevista dalle norme per l'uso del marchio "CE". Tale documentazione, emessa da Organismi Notificati riconosciuti dagli Stati dell'Unione (*laboratori di prova, di calibratura e gli organismi di ispezione e di certificazione conformi alle norme europee applicabili*), garantisce la qualit dei prodotti o dei dispositivi che possono essere liberamente commercializzati ed ogni vincolo di carattere tecnico o burocratico adottato da singoli paesi membri pu inficiare il principio comunitario della libera circolazione delle merci.

La Direttiva del MIT del 05/08/2013, relativa alle istruzioni e linee guida per la posa in opera della segnaletica stradale, rileva che nel "corso degli anni molte delle norme di settore sono state emanate come norme armonizzate, e con decreto del Ministero dello sviluppo economico 8 aprile 2010  stato pubblicato l'"Elenco riepilogativo di norme concernenti l'attuazione della direttiva 89/106/CE relativa ai prodotti da costruzione". Lo stesso elenco si rinviene nella Comunicazione della Commissione europea 2013/C 186/02, pubblicata sulla Gazzetta ufficiale dell'Unione europea in data 28.06.2013".

Per la scelta dei prodotti, materiali ed attrezzature per segnaletica stradale i riferimenti primari sono e restano il Nuovo Codice della Strada ed il suo Regolamento di attuazione, ma  comunque necessario riferirsi alle norme armonizzate per integrare i riferimenti per la qualificazione dei prodotti segnaletici previsti dal Codice e dal Regolamento, la cui emanazione (*Disciplinari tecnici*)  sempre stata rinviata in vista della pubblicazione delle norme europee armonizzate.

L'impiego di prodotti impiegati negli appalti pubblici di lavori devono essere rispondenti, oltre alle regole tecniche nazionali obbligatorie, a "*specifiche tecniche*", intese come l'insieme delle prescrizioni tecniche che definiscono le caratteristiche richieste di un materiale o un dispositivo (*le definizioni afferenti la locuzione "specifiche tecniche", sono elencate nell'Allegato XIII del Nuovo Codice Appalti*) le cui modalit di formulazione sono contemplate nell'art. 68, comma 5, lettera b del Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 "Nuovo Codice appalti".

In merito alla segnaletica orizzontale, le norme europee attualmente vigenti, non armonizzate, come la UNI EN 1871 del 2002 e la pi recente UNI EN 12802 del 2011 indicano le propriet fisiche e specificano i metodi di laboratorio per identificare i componenti presenti nei materiali utilizzati per segnaletica orizzontale. La recente UNI EN 13459 del 2012 specifica i metodi pi idonei per ottenere dei campioni rappresentativi per i principali tipi di prodotti, cio pittura, materiali



plastici a freddo, materiali termoplastici, microsfele di vetro da premiscelare, materiali da postspruzzare, materiali preformati per segnaletica orizzontale e inserti stradali catarifrangenti.

La norma piú importante per la caratterizzazione prestazionale della segnaletica orizzontale è la **UNI EN 1436: "un utile riferimento circa i parametri qualitativi minimi in uso della segnaletica orizzontale"** (Direttiva del MIT "sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica e criteri per la sua installazione e manutenzione" – Dicembre 2000).

Nell'ambito della segnaletica orizzontale le **norme armonizzate** attualmente applicabili sono la UNI EN 1423:2004 – "Materiali da postspruzzare - Microsfere di vetro, granuli antiderapanti e loro miscele"; la UNI EN 1463-1:2009 – "Inserti stradali catarifrangenti - Parte 1: Requisiti delle prestazioni iniziali"; la UNI EN 1790:2013 – "Materiali preformati per segnaletica orizzontale".

Le **norme non armonizzate** a cui fare riferimento sono: la UNI EN 1871, inerente la descrizione delle proprietà fisiche dei materiali utilizzati per realizzare la segnaletica orizzontale (pitture, termoplastici e prodotti plastici a freddo), è attualmente in fase di revisione con l'ipotesi di richiedere, anche per tali prodotti, la marcatura "CE" (FprEN 1871:2012); la UNI EN 1424 - "Microsfere di vetro da premiscelare"; la UNI EN 12802 - "Metodi di laboratorio per l'identificazione"; la UNI 11154 - Segnaletica stradale orizzontale - "Linee guida per la posa in opera"

Per quanto concerne la segnaletica verticale, in merito ai requisiti richiesti per la fornitura dei segnali verticali permanenti per la segnaletica stradale, la norma di riferimento "**armonizzata**" è la UNI EN 12899-1 "Segnaletica verticale permanente per il traffico stradale - Parte 1: segnali permanenti". Il 01/01/2013 è terminata la coesistenza con le norme e i regolamenti nazionali, inerenti o contraddittori con la UNI EN 12899-1. In merito alla valutazione delle prestazioni della segnaletica verticale, la Direttiva del MIT del 2013, per quanto attiene ai segnali verticali permanenti non luminosi, suggerisce di fare riferimento alla norma volontaria UNI 11480:2013 "Linea guida per la definizione di requisiti tecnico-funzionali della segnaletica verticale (permanente) in applicazione alla UNI EN 12899-1:2008", salvo una serie di precisazioni inerenti l'utilizzo condizionato di una classe fotometrica delle pellicole, la classe da considerare per la spinta del vento e i materiali da utilizzare per i supporti della segnaletica.

Relativamente alla segnaletica complementare, limitatamente ai delineatori di margine, la norma di riferimento "**armonizzata**" è la UNI EN 12899-3 – "Delineatori normali di margine e dispositivi rifrangenti". Anche per tale norma è decorso il periodo di coesistenza e la sua applicazione, nel contesto della cosiddetta "disciplina di dettaglio e tecnica" (CSA), è obbligatoria. Nel contesto delle norme cogenti, per la definizione della tipologia di delineatore richiesto da ANAS SpA, nel presente CSA si farà riferimento anche alle Circolari Anas, emanate nel 1984 e nel 1987.

- • Codice della Strada D.Lgs. 30/04/1992, n. 285 e successive modifiche;
- • Regolamento di Esecuzione D.P.R. 16/12/1992, n. 495 e successive modifiche;



12.2 NORMATIVA SULLA SEGNALETICA ORIZZONTALE

Il presente CSA richiama le prescrizioni e i suggerimenti, diretti e indiretti, derivanti da Direttive e Circolari ministeriali, da norme europee e nazionali, che trovano riscontro nei seguenti documenti:

- - Direttiva del 24 ottobre 2000 del Ministero dei Lavori Pubblici (G.U. n. 301 del 28/12/2000) relativa alla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica e criteri per l'installazione e la manutenzione;
- - DECRETO 10 luglio 2002 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Pubblicato sulla GU n. 226 del 26-9-2002- Suppl. Straordinario) Disciplinare tecnico relativo agli schemi segnaletici, differenziati per categoria di strada, da adottare per il segnalamento temporaneo, dove per la segnaletica orizzontale temporanea
- - Direttiva del MIT sulla segnaletica del 05.08.2013 concernente le "Istruzioni e linee guida per la fornitura e posa in opera di segnaletica stradale",
- - UNI EN 1436:2008 "Materiali per segnaletica orizzontale - Prestazioni della segnaletica orizzontale per gli utenti della strada";
- - UNI EN 1790:2013 "*Materiali per segnaletica orizzontale - Materiali preformati per la segnaletica orizzontale*". La norma riguarda i nastri ("materiale preformato in grado di adattarsi alla struttura del supporto, al quale può essere applicato un adesivo sensibile alla pressione, e in grado di essere incollato al supporto senza l'ausilio del calore"), il materiale plastico indurente a freddo (mono-componente o a componenti multipli), il materiale termoplastico preformato (materiale privo di solventi, sotto forma di prodotto granulare o in polvere che è riscaldato fino alla fusione e quindi applicato mediante applicatore meccanico");
- - UNI 11154:2006 "Segnaletica stradale - Linee guida per la posa in opera - Segnaletica orizzontale".

Le norme di riferimento che le Direttive ministeriali richiamano sono le seguenti:

- - UNI EN 1423 - Materiali per segnaletica orizzontale - Materiali da post-spruzzare - Microsfere di vetro, granuli antiderapanti e loro miscele;
- - UNI EN 1424 - Materiali per segnaletica orizzontale - Microsfere di vetro da premiscelare;
- - UNI EN 1436 Materiali per segnaletica orizzontale - Prestazioni della segnaletica orizzontale per gli utenti della strada;
- - UNI EN 1463-1 - Materiali per segnaletica orizzontale - Inserti stradali catarifrangenti - Parte 1: Requisiti delle prestazioni iniziali;
- - UNI EN 1463-2 - Materiali per segnaletica orizzontale - Inserti stradali catarifrangenti - Specifiche delle prestazioni delle prove su strada;
- - UNI EN 1871 - Materiali per segnaletica orizzontale - Proprietà fisiche;
- - UNI EN 1790 - Materiali per segnaletica orizzontale - Materiali preformati per segnaletica orizzontale;



- - UNI EN 1824 - Materiali per segnaletica orizzontale - Prove su strada;
- - UNI 11154 - Segnaletica stradale - Linee guida per la posa in opera - Segnaletica orizzontale;
- - UNI EN 12802 - Materiali per segnaletica orizzontale - Metodi di laboratorio per l'identificazione;
- - UNI EN 13197 - Materiali per segnaletica orizzontale - Simulatori di usura tavola rotante;
- - UNI EN 13459 - Materiali per segnaletica orizzontale - Campionamento da prodotti immagazzinati e prove;
- - UNI EN 13212 - Materiali per segnaletica orizzontale - Requisiti per il controllo di produzione in fabbrica.

12.3 **NORMATIVA SULLA SEGNALETICA VERTICALE**

- - Disciplinare Tecnico requisiti Pellicole Rifrangenti Ministero dei LL.PP. - D.M. 31/03/1995 n. 1584;
- - Norma UNI 11122 - Pellicole rifrangenti con tecnologia microprismatica per segnaletica stradale;
- - Norma UNI 11480:2013 "Linea guida per la definizione di requisiti tecnico-funzionali della segnaletica verticale (permanente) in applicazione alla UNI EN 12899-1:2008";
- - Norma EN 12899-1 - Segnaletica verticale permanente per il traffico stradale – segnali permanenti;
- - Disciplinare e Norme Certificazione di Conformità della segnaletica verticale -
- - Circolari Ministero dei LL.PP., n. 3652/98 e n. 1344/99;
- - Disciplinare Tecnico Schemi Segnaletici per Segnalamento Temporaneo – Ministero delle Il. e TT. - D.M. 10/07/2002;
- - Direttiva sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica stradale – Ministero dei LL. PP. 24/10/2000.
- - UNI EN 1011- (Saldatura - Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici);
- - UNI EN 1991-1-4 – (Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento);
- - UNI EN 1993-1-1 – (Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici);
- - UNI EN 1995-1-1 – (Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici);
- - UNI EN 1999-1-1 – (Eurocodice 9 - Progettazione delle strutture di alluminio - Parte 1-1: Regole strutturali generali);
- - UNI EN 10240 – (Rivestimenti protettivi interni e/o esterni per tubi di acciaio - Prescrizioni per i rivestimenti di zincatura per immersione a caldo applicati in impianti automatici.);
- - UNI EN 12665 – (Luce e illuminazione - Termini fondamentali e criteri per i requisiti illuminotecnici);



- - UNI EN 12767 – (Sicurezza passiva di strutture di sostegno per attrezzature stradali - Requisiti, classificazione e metodi di prova);
- - UNI EN 12899-4 – (Segnaletica verticale permanente per il traffico stradale - Parte 4: Controllo di produzione in fabbrica);
- - UNI EN 12899-5 – (Segnaletica verticale permanente per il traffico stradale - Parte 5: Prove iniziali di tipo);
- - UNI EN ISO 1461 – (Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova);
- - UNI EN ISO 4892-2 – (Materie plastiche - Metodi di esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Parte 2: Lampade ad arco allo xeno);
- - UNI EN ISO 6272 – (Pitture e vernici - Prove di deformazione rapida (resistenza all'urto) - Parte 1: Prova con massa cadente con punzone di larga superficie);
- - UNI EN ISO 9001 – (Sistema di gestione per la qualità – Requisiti);
- - UNI EN ISO 4 – (Informazione e documentazione - Regole per l'abbreviazione delle parole del titolo e dei titoli delle pubblicazioni);
- - CIE 15 – (Colorimetria);
- - CIE 54-1 – (Retroriflessione. Termini e definizioni);
- - CIE 74 – (Segnali stradali).

12.4 NORME RELATIVE AI PANNELLI, AI SOSTEGNI E AI FISSAGGI DEI SEGNALI VERTICALI PERMANENTI.

- - UNI 8744 – (Prodotti vernicianti. Prova di resistenza anticorrosione in camera umidostatica al 100% di umidità relativa) norma ritirata senza sostituzione;
- - UNI EN 9240 - (Mobili. Determinazione dell'adesione delle finiture al supporto mediante prova di strappo);
- - UNI EN 1519 - Prodotti vernicianti. Prova di piegamento (mandrino cilindrico));
- - UNI EN 9535 - (Prodotti vernicianti. Prova di resistenza alla rigatura (metodo della penna));
- - UNI EN 8901 - (Prodotti vernicianti. Determinazione della resistenza all'urto);
- - UNI EN 9590 - (Prodotti vernicianti. Prova accelerata di laboratorio per la valutazione della corrosione sottopellicolare a bolle di supporti ferrosi verniciati (Scab corrosion);
- - UNI EN ISO 9227 - (Prove di corrosione in atmosfere artificiali. Prove in nebbia salina);
- - UNI EN 2813 - (Prodotti vernicianti. Determinazione della brillantezza speculare di film di pittura non metallizzata a 20°, 60° e 85°);
- - UNI EN 15185 – (Mobili – Valutazione della resistenza delle superfici all'abrasione);
- - UNI EN ISO 20482 - (Materiali metallici – lamiere e nastri - prova di imbutitura Erichsen).

12.5 NORMATIVA SULLA SEGNALETICA COMPLEMENTARE



- - Regolamento Modifiche R.d.E, D.P.R. 16/09/1996 n. 610;
- - Piano Nazionale della Sicurezza Stradale;
- - Piani della Sicurezza Stradale Urbana;
- - Disciplinare Tecnico Schemi Segnalamento Temporaneo, Ministero delle Il. e dei TT. D.M. 10/07/2002;
- - Disciplinare Tecnico Requisiti delle Pellicole Rifrangenti, Ministero dei LL.PP. D.M. 31/03/1995 n. 1584;
- - UNI EN 1463-1 - Materiali per segnaletica orizzontale - Inserti stradali catarifrangenti - Parte 1: Requisiti delle prestazioni iniziali;
- - UNI EN 1463-2 - Materiali per segnaletica orizzontale - Inserti stradali catarifrangenti - Specifiche delle prestazioni delle prove su strada;
- - Norma UNI EN 12899-1 - (Segnaletica verticale permanente);
- - Norma UNI EN 12899-3 - (Delineatori di margine e dispositivi rifrangenti);
- - Norma UNI 11122 - (Pellicole retroriflettenti microprismatiche);
- - UNI EN 12899-4 - (Segnaletica verticale permanente per il traffico stradale - Parte 4: Controllo di produzione in fabbrica);
- - UNI EN 12899-5 - (Segnaletica verticale permanente per il traffico stradale - Parte 5: Prove iniziali di tipo);
- - UNI EN ISO 9227 - (Prove di corrosione in atmosfere artificiali - Prove di nebbia salina);
- - ISO CIE 10526 - CIE - (Illuminanti standard per la colorimetria);
- - ISO CIE 10527 - CIE - (Osservatori standard per la colorimetria);
- - Circolari ANAS nn. 13/84, 36/86 e 20/87;
- - Direttiva sulla Corretta Applicazione Norme Segnaletica Stradale, Ministero dei LL.PP. 24/10/2000;
- - II° Direttiva sulla Corretta Applicazione Norme Segnaletica Stradale, Ministero delle Il. e dei TT. prot. n. 777 del 24/04/2006;
- - Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei piani urbani del traffico Ministero dei LL.PP. 12/04/1995.

12.6 NORMATIVA RELATIVA AI CANTIERI DI LAVORO STRADALI

La realizzazione della segnaletica orizzontale sulla strada, intesa come attività articolata in varie fasi, dall'installazione alla disinstallazione del cantiere, dall'esecuzione alla manutenzione periodica dell'impianto, è considerata un'attività che può comportare un rischio d'incidenti per i lavoratori e gli utenti, per tale motivo è stata oggetto di particolare attenzione da parte del legislatore, degli



enti preposti alla sicurezza del lavoro e degli enti proprietari delle strade (centrali e locali), ANAS SpA in particolare.

In merito alla sicurezza degli utenti della strada, automobilisti e pedoni, e degli operatori impegnati nei cantieri stradali, il legislatore ha approvato le regole generali e attuative, in particolare la normativa cogente di riferimento è il Nuovo Codice della Strada (NCS) e il relativo Regolamento di Attuazione e di Esecuzione (REA).

Il NCS, all'articolo 21, rimanda al Regolamento la definizione delle norme applicative in cui sono definiti i modi e i mezzi per delimitare e segnalare i cantieri e realizzare la visibilità diurna e notturna degli addetti ivi operanti, nonché le modalità di svolgimento dei lavori e gli accorgimenti necessari per la regolazione del traffico limitrofo.

La materia in sé complessa ha indotto il MIT, nel 2002, ad integrare i 14 articoli del RDA pertinenti la tematica dei cantieri stradali e ad emanare un apposito disciplinare concernente gli schemi segnaletici da adottare per il segnalamento temporaneo dei cantieri di lavoro stradali (**Decreto MIT del 10/07/2002**).

Il Disciplinare tecnico, riguardante gli schemi segnaletici da adottare per il segnalamento temporaneo, analizza in 12 paragrafi i contenuti degli artt. dal n. 30 al n. 43 del REA. In particolare suggerisce un metodo di approccio per affrontare i problemi connessi al segnalamento temporaneo, sottolineando che gli schemi segnaletici proposti non sono esaustivi della casistica che usualmente incontrano i tecnici degli enti di gestione. Il disciplinare è un documento per acquisire le regole di base che poi saranno applicate in modo uniforme in tutto il territorio.

Riflessione e buon senso sono gli esercizi richiesti per attuare il segnalamento temporaneo. In modo analogo a quanto previsto dal citato Regolamento per le procedure di sicurezza finalizzate a garantire l'integrità fisica dei lavoratori nei cantieri stradali, il Disciplinare Tecnico non preclude l'utilizzo di altre metodologie di consolidata validità.

"Non c'è una sola maniera di affrontare una data situazione e il disciplinare spesso fornisce per la stessa soluzioni alternative".

"Gli schemi predisposti sono relativi a condizioni della strada senza particolari vincoli sia dal punto di vista del tracciato che del segnalamento. **Pertanto nella scelta dello schema da impiegare nei casi reali occorrerà tener conto delle condizioni di avvistamento almeno del primo segnale e di eventuali prescrizioni già vigenti nel tratto di strada interessato**".

A tale corpo normativo, si è recentemente affiancato il Decreto Interministeriale del 04/03/2013 - Regolamento per l'individuazione delle procedure di revisione, integrazione e apposizione della segnaletica stradale destinata alle attività lavorative che si svolgano in presenza di traffico veicolare, Regolamento espressamente previsto dal Testo Unico delle leggi di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro (D.lgs. n. 81/2008).



Nel seguente elenco sono riportate le norme e i riferimenti più importanti:

- - Codice della Strada (C.d.S.), DLvo 30/04/1992 n. 285;
 - - Regolamento di Esecuzione (R.d.E.), D.P.R. 16/12/1992 n. 495;
 - - Regolamento Modifiche R.d.E, D.P.R. 16/09/1996 n. 610;
 - - Disciplinare Tecnico Schemi Segnalamento Temporaneo, Ministero delle Il. e dei TT. D.M. 10/07/2002;
- D.lgs. n. 81/2008 e successive modifiche in attuazione dell'articolo 1 della Legge, n. 123/2007 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro e s. m. e i..
- Decreto Interministeriale del 04/03/2013, in attuazione di quanto previsto dall'art. 161, comma 2-bis, del D.lgs. 81/08.

URL 1:

http://www.lavoro.gov.it/documenti-e-norme/normative/Documents/2013/Decreto_Interministeriale_4_marzo_2013.pdf

- Un utile contributo, in merito alle informazioni disponibili sulla sicurezza dei lavoratori e degli utenti nei cantieri di lavoro stradali, è rilevabile nei seguenti siti dell'INAIL (ISPESL):

URL 2: https://appsricercascientifica.inail.it/profilo_di_rischio/Cantieri_stradali/index.asp

URL 3: https://appsricercascientifica.inail.it/profilo_di_rischio/Cantieri_stradali/index.htm

12.7 PARAMETRI PRESTAZIONALI DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE

La tabella seguente sintetizza le classi definite nella EN 1436 per ciascuno dei parametri prestazionali della segnaletica orizzontale:



Tabella 51: Parametri prestazionali della segnaletica stradale orizzontale

Parametri prestazionali previsti					Classi e valori corrispondenti						
Descrizione requisiti	Unità di misura	Simbolo	Classe								
				0	1	2	3	4	5	6	
Visibilità diurna	Colore/Manto**			T	GT	BA GT	BA BC GT	BA BC	BC		
	Coefficiente di luminanza in condizioni di illuminazione diffusa	$\text{mcd m}^{-2} \text{lx}^{-1}$	Q_d	Q	NP D*	80	100	130	160	200	-
	Colore /Manto**			T	GT	BA GT	BA BC GT	BA BC	BA BC		
	Fattore di luminanza	-	\square	\square	-	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	-
Visibilità notturna	Segnaletica /Colore***			T	PeG	PeB	PeB PeG PrT	PeB PeG	PeB PrT		
	Retroriflessione in condizioni asciutte	$\text{mcd m}^{-2} \text{lx}^{-1}$	R_L	R	NP D*	80	100	150	200	300	-
	Retroriflessione in condizioni di bagnato	$\text{mcd m}^{-2} \text{lx}^{-1}$	R_W	R W	NP D*	25	35	50	75	100	150
	Retroriflessione in condizioni di pioggia	$\text{mcd m}^{-2} \text{lx}^{-1}$	R_R	RR	NP D*	25	35	50	75	100	150
Aderenza											
	Resistenza al de-rapaggio	-	SR T	S	NP D*	45	50	55	60	65	-

* NPD: Nessuna Prestazione Determinata
 ** Colore: B bianco – G giallo - T tutti. Manto stradale: A asfalto – C calcestruzzo – T tutti.
 *** Segnaletica: Pe permanente – Pr provvisoria. Colore: B bianco – G giallo – T tutti.

Soglie di accettabilità. - I requisiti che la segnaletica orizzontale deve possedere, definiti SOGLIE DI ACCETTABILITA', ai sensi della norma europea UNI EN 1436, riguardano le prestazioni attese durante la sua vita funzionale. Le prestazioni sono dichiarate attraverso parametri che rappresenta-



no i diversi aspetti prestazionali della segnaletica orizzontale, usualmente identificati attraverso classi di prestazione. Tali valori minimi dovranno essere rispettati indipendentemente dall'eventuale usura causata dalle operazioni di manutenzione invernale del piano viabile e, se l'usura è eccessiva, dovranno essere comunque ripristinati, in modo da mantenere i livelli di visibilità richiesti.

Le misure potranno essere fatte per ogni requisito elencato, ad insindacabile giudizio della DL. Il mancato rispetto di un requisito è da considerarsi come un "mancato servizio" e quindi tale da giustificare le detrazioni e le penali di cui alle Norme Generali.

Per le verifiche dei parametri prestazionali previsti si individuano due metodi:

eseguibili con strumentazione puntuale;

eseguibili con strumentazione ad alto rendimento.

Le strumentazioni puntuali consentono il rilievo dei parametri Qd, RL, Coordinate cromatiche, Fattore di luminanza e SRT, mentre la strumentazione ad alto rendimento consente di misurare RL ed eventualmente CAT (Coefficiente di Aderenza Trasversale).

Retroriflessione alla luce del giorno o in presenza di illuminazione stradale. Il primo parametro che deve essere rispettato dall'appaltatore è la visibilità del segnale alla luce del giorno cioè in condizioni di illuminazione diurna, misurato mediante il coefficiente di luminanza in condizioni di illuminazione diffusa "Qd", espresso in $\text{mcd m}^{-2} \text{lx}^{-1}$. Il coefficiente di luminanza in condizioni di illuminazione diffusa rappresenta la luminosità di un segnale orizzontale come viene percepita dai conducenti degli autoveicoli alla luce del giorno. La segnaletica orizzontale bianca che gialla, in condizioni di superficie stradale asciutta, deve rispettare, per tutta la durata dell'appalto, il seguente valore minimo di Qd:

$Qd \geq 130 \text{ mcd m}^{-2} \text{lx}^{-1}$, corrispondente alla classe Q3 .

Fattore di luminanza del prodotto segnaletico asciutto in condizioni di illuminazione diurna. Il secondo parametro che deve essere rispettato dall'appaltatore è l'intensità luminosa apparente della superficie del segnale rispetto alla luminanza di riferimento (superficie bianca perfettamente diffondente) misurata mediante il Fattore di luminanza β . Il Fattore di luminanza rappresenta la luminosità (chiarezza) di un segnale orizzontale come viene percepita dai conducenti degli autoveicoli in condizioni di illuminazione diurna.

In condizioni di superficie stradale asciutta, la segnaletica orizzontale bianca realizzata con pitture a solvente deve rispettare il seguente valore minimo di β : $\beta \geq 0,60$, corrispondente alla classe B5.

In condizioni di superficie stradale asciutta, la segnaletica orizzontale gialla realizzata con pitture a solvente deve rispettare il seguente valore minimo di β : $\beta \geq 0,40$, corrispondente alla classe B3.

Retroriflessione del prodotto segnaletico in condizioni di illuminazione notturna con i proiettori dei veicoli. Il terzo parametro che deve essere rispettato dall'appaltatore è la retroriflessione in



condizioni di illuminazione con i proiettori dei veicoli, misurata mediante il coefficiente di luminanza retroriflessa RL, espressa in $\text{mcd m}^{-2} \text{lx}^{-1}$. Il coefficiente di luminanza retroriflessa rappresenta la luminosità di un segnale orizzontale come viene percepita dai conducenti degli autoveicoli in condizioni di illuminazione con i proiettori dei propri autoveicoli.

La misura del parametro RL, sull'asciutto, effettuata con le modalità specificate nel seguito, è alla base della valutazione ed accettazione o meno del lavoro (parametro prestazionale).

In condizioni di superficie stradale asciutta, la *segnaletica orizzontale a solvente* deve rispettare il seguente valore minimo di RL: $RL \geq 150 \text{ mcd m}^{-2} \text{lx}^{-1}$, corrispondente alla classe prestazionale R3;

la *segnaletica termoplastica, plastica a freddo e preformata* deve rispettare il seguente valore minimo di RL: $RL \geq 200 \text{ mcd m}^{-2} \text{lx}^{-1}$, corrispondente alla classe prestazionale R4;

in condizioni di bagnato la *segnaletica orizzontale a solvente* deve rispettare il seguente valore minimo di RL : $RL \geq 35 \text{ mcd m}^{-2} \text{lx}^{-1}$, corrispondente alla classe prestazionale RW2, salvo che si usino i sistemi di emersione delle parti retroriflettenti.

In condizioni di pioggia la *segnaletica orizzontale a solvente* deve rispettare il seguente valore minimo di RL : $RL \geq 25 \text{ mcd m}^{-2} \text{lx}^{-1}$, corrispondente alla classe prestazionale RW1.

In condizioni di bagnato la *segnaletica termoplastica, plastica a freddo e preformata* deve rispettare il seguente valore minimo di RL : $RL \geq 50 \text{ mcd m}^{-2} \text{lx}^{-1}$, corrispondente alla classe prestazionale RW3, salvo che si usino i sistemi di emersione delle parti retroriflettenti.

In condizioni di pioggia la *segnaletica termoplastica, plastica a freddo e preformata* deve rispettare il seguente valore minimo di RL : $RL \geq 35 \text{ mcd m}^{-2} \text{lx}^{-1}$, corrispondente alla classe prestazionale RW2.

Colore. La segnaletica orizzontale da realizzarsi e/o mantenersi con il presente CSA deve essere di colore bianco o giallo. Pertanto, le coordinate cromatiche x, y (*il quarto parametro di riferimento*), per la segnaletica orizzontale asciutta devono trovarsi all'interno delle regioni definite dai vertici indicati nel prospetto Tabella 52 relativa ai vertici delle regioni cromatiche per segnaletica orizzontale bianca e gialla. Le regioni o box cromatici sono rappresentati nel Grafico n. 3. Le prestazioni richieste, relative alle coordinate cromatiche x e y, per la segnaletica orizzontale asciutta e in condizioni di visibilità diurna, sono riportate nel seguente prospetto:

Tabella 52: Vertici dei box cromatici, bianco e giallo, relativi alla segnaletica orizzontale

Vertici		1	2	3	4
Segnaletica orizzontale bianca	x	0.355	0.305	0.285	0.335
	y	0.355	0.305	0.325	0.375
Segnaletica orizzontale gialla classe Y1	x	0.443	0.545	0.465	0.389
	y	0.399	0.455	0.535	0.431



Segnaletica orizzontale gialla classe Y2	x	0.494	0.545	0.465	0.427
	y	0.427	0.455	0.535	0.483
Nota – Le classi Y1 e Y2 di segnaletica orizzontale gialla si riferiscono rispettivamente alla segnaletica orizzontale permanente e a quella provvisoria.					

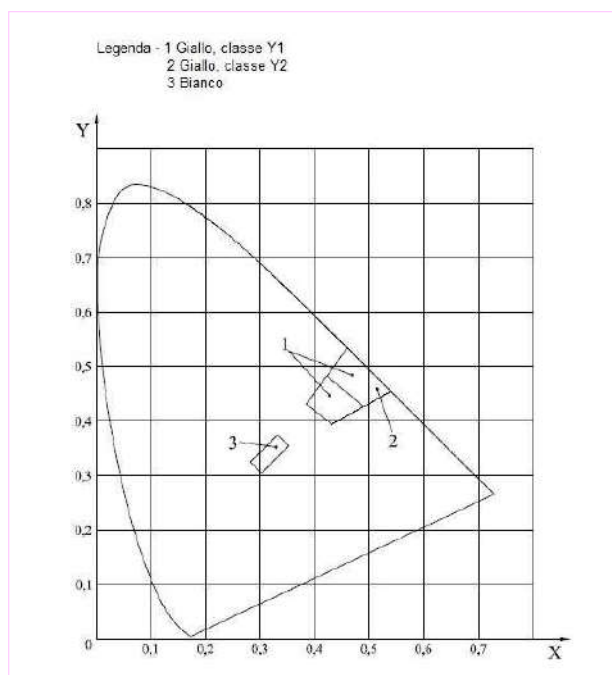


Grafico 3 – Box cromatici del bianco e del giallo per segnaletica stradale orizzontale

Resistenza al derapaggio. Il quinto parametro che l'appaltatore deve rispettare nell'esecuzione dei lavori è il valore della resistenza al derapaggio, espresso in unità SRT misurata in condizioni di superficie stradale bagnata. Per la *segnaletica orizzontale a solvente* il valore minimo da mantenere per tutta la durata dell'appalto, indipendentemente dalle eventuali condizioni di piano viabile, corrisponde al seguente valore minimo:

SRT \geq 50, corrispondente alla classe S2.

La segnaletica termoplastica, plastica a freddo e preformata deve rispettare il seguente valore minimo di SRT:

SRT \geq 55, corrispondente alla classe S3.

La resistenza al derapaggio deve essere misurata seguendo le indicazioni contenute nell'appendice D della norma europea UNI EN 1436.



12.8 VERIFICA DEI REQUISITI PRESTAZIONALI DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE CON SISTEMI PUNTUALI

Metodo di misurazione del coefficiente di luminanza in condizioni di illuminazione diffusa (Qd). Per la misurazione del coefficiente di luminanza Qd, si rimanda alla norma europea UNI EN 1436. Si riportano di seguito le indicazioni principali.

Condizioni di misurazione normalizzata.

Il coefficiente di luminanza in condizioni di illuminazione diffusa Qd dell'area di misurazione di un segnale orizzontale deve essere determinato nel modo seguente:

$$Qd = L/E \quad \text{unità: mcd m}^{-2} \text{ lx}^{-1}$$

dove:

L è la luminanza dell'area di misurazione in condizioni di illuminazione diffusa, unità di misura mcd m⁻²;

E è l'illuminazione sul piano dell'area di misurazione, unità: lx.

La luminanza L deve essere determinata con un angolo di osservazione di 2,29° (l'angolo compreso fra la direzione centrale di misurazione e il piano dell'area di misurazione) con l'area di misurazione illuminata mediante una sorgente luminosa normalizzata **D65** analoga a quella definita dalla ISO/CIE 10526. L'apertura angolare totale delle direzioni di misurazione non deve essere maggiore di 0,33°. La superficie di misurazione della segnaletica orizzontale deve avere un'area di minimo 50 cm². Nel caso di alcuni tipi di segnali orizzontali profilati i cui profili siano separati da uno spazio considerevole, l'area di misurazione totale deve essere sufficientemente lunga da comprendere almeno uno di tali spazi. Il risultato più affidabile si ottiene quando la lunghezza totale comprende un multiplo esatto di tali spazi. L'intera area di misurazione deve essere illuminata in modo uniforme.

Misurazioni di laboratorio. Campioni per misurazioni di laboratorio. I campioni per misurazioni di laboratorio dovrebbero avere una lunghezza compresa fra 20 cm e 40 cm a seconda dell'apparecchiatura di misurazione utilizzata. Per alcuni segnali orizzontali profilati sono necessari campioni più lunghi. Le dimensioni pratiche sono una lunghezza di 40 cm e una larghezza di 20 cm.

- Metodo: Il campione dovrebbe poggiare su una piastra per facilitarne la movimentazione e rappresentare una superficie di segnaletica orizzontale non deformata. Il campione può essere steso direttamente sulla piastra oppure può essere prelevato dalla superficie stradale e fatto aderire



alla piastra. L'illuminazione diffusa può essere fornita da una sfera fotometrica al centro della quale sia fissato il campione di segnaletica in posizione orizzontale. Nella sfera deve essere installata una sorgente luminosa in modo tale che l'illuminazione diretta cada esclusivamente sulla metà inferiore della sfera. La metà superiore della sfera avrà dunque una luminanza pressoché uniforme per effetto dei fenomeni di riflessione e inter-riflessione

Apparecchiatura per misurazione in situ

In caso di misurazioni in situ, l'illuminazione indiretta può essere fornita da un'apertura in una sfera illuminata. È ammesso l'uso di altri tipi di illuminazione a condizione che la luminanza si mantenga costante o che produca il medesimo effetto e possa essere tarata sulle condizioni normalizzate.

Misurazioni alla luce del giorno

La luce del giorno in condizioni di cielo molto coperto con visibilità ragionevole dell'orizzonte si avvicina all'illuminazione diffusa in modo sufficiente da consentire di misurare il coefficiente di luminanza in condizioni di illuminazione diffusa.

Queste misurazioni possono essere effettuate con un misuratore di luminanza collocato, per esempio, su un veicolo, puntato in avanti con il corretto angolo di osservazione. La luminanza e l'illuminazione della segnaletica orizzontale davanti al veicolo dovrebbero essere controllate contemporaneamente.

Metodo di misurazione del Fattore di luminanza β . Per la misurazione del Fattore di luminanza si rimanda alla norma europea UNI EN 1436. Si riportano di seguito le indicazioni principali.

Condizioni di misurazione normalizzata. Il Fattore di luminanza b deve essere misurato utilizzando una sorgente luminosa normalizzata D65 analoga a quella definita dalla ISO/CIE 10526. La geometria è definita alla situazione $45^\circ/0^\circ$, ossia con illuminazione a $45^\circ \pm 5^\circ$ e misurazione a $0^\circ \pm 10^\circ$. Gli angoli sono misurati rispetto alla perpendicolare della superficie della segnaletica orizzontale. L'area minima misurata della superficie della segnaletica orizzontale deve essere di 5 cm². Per superfici molto ruvide, l'area misurata mediante l'apparecchiatura dovrebbe essere maggiore di 5 cm².

Apparecchiatura di misurazione.

La misurazione può essere effettuata per mezzo di apparecchiature di laboratorio su campioni di segnaletica orizzontale o per mezzo di apparecchiature portatili su segnaletica orizzontale appli-



cata alla superficie stradale. Tali apparecchiature possono basarsi su misurazioni spettrali seguite dal calcolo del fattore di luminanza β

Il valore di β deve essere determinato in funzione della tipologia della segnaletica e più precisamente:

Strisce longitudinali. Ogni singola verifica deve risultare dalla media di cinque sondaggi eseguiti nel tratto stradale scelto per il controllo, in punti diversi. In ogni sondaggio devono essere effettuate minimo tre letture dei valori del fattore di luminanza β .

Simboli, lettere e strisce trasversali. Per ogni simbolo, il valore del fattore di luminanza β sarà dato dalla media di minimo cinque letture. Per ogni lettera, il valore del fattore di luminanza β sarà dato dalla media di minimo tre letture. Per ogni striscia trasversale, il valore del fattore di luminanza β sarà dato dalla media di minimo cinque letture.

Metodo di misurazione del coefficiente di luminanza retroriflessa (RL). Per la misurazione del coefficiente di luminanza retroriflessa RL, si rimanda alla norma europea UNI EN 1436). Si riportano di seguito le indicazioni principali.

Condizioni di misurazione normalizzata. Il coefficiente di luminanza retroriflessa RL dell'area di misurazione scelta sulla segnaletica orizzontale deve essere determinato nel modo seguente:

$$RL = L/E_{\perp} \quad \text{unità: mcd m}^{-2} \text{ lx}^{-1}$$

dove:

L è la luminanza dell'area di misurazione illuminata da un'unica sorgente luminosa che abbia una piccola separazione angolare rispetto alla posizione dalla quale viene misurata la luminanza, unità di misura mcd m⁻²;

E_{\perp} è l'illuminazione creata da una sorgente luminosa sull'area di misurazione su un piano perpendicolare alla direzione di illuminazione, unità: lx.

In condizioni di misurazione normalizzata, le direzioni di misurazione e illuminazione definiscono un piano perpendicolare al piano dell'area di misurazione; l'angolo di osservazione α (l'angolo compreso fra la direzione centrale di misurazione e il piano dell'area di misurazione) è di 2,29°, mentre l'angolo di illuminazione ϵ (l'angolo compreso fra la direzione centrale di illuminazione e il



piano dell'area di misurazione) è di $1,24^\circ$. L'area di misurazione deve essere illuminata da una sorgente luminosa normalizzata **A** analoga a quella definita dalla ISO/CIE 10526.

L'apertura angolare totale delle direzioni di misurazione non deve essere maggiore di $0,33^\circ$. L'apertura angolare totale delle direzioni di illuminazione non deve essere maggiore di $0,33^\circ$ sul piano parallelo al piano dell'area di misurazione del segnale orizzontale e di $0,17^\circ$ sul piano contenente le direzioni di misurazione e di illuminazione.

L'area di misurazione sulla segnaletica orizzontale deve avere una superficie minima di 50 cm^2 . Nel caso di alcuni tipi di segnali orizzontali profilati i cui profili siano separati da uno spazio considerevole, l'area di misurazione totale deve essere sufficientemente lunga da comprendere almeno uno di tali spazi. Il risultato più affidabile si ottiene quando la lunghezza totale comprende un multiplo esatto di tali spazi. L'intera area di misurazione deve essere illuminata in modo uniforme.

Queste misure trasformate in valori di tratta omogenea dei rilievi ad alto rendimento, sono il parametro prestazionale su cui si valuterà l'efficacia della segnaletica e che sarà usato per la definizione di eventuali penali.

Misurazione in condizioni di illuminazione con proiettori di veicoli. È possibile effettuare di notte misurazioni del coefficiente di luminanza retroriflessa RL della segnaletica orizzontale utilizzando un misuratore di luminanza avente caratteristiche idonee e uno dei proiettori di un veicolo adibito al trasporto passeggeri alimentato alla massima potenza o una lampada analoga.

La geometria di misurazione definita nel paragrafo ove si descrivono le condizioni di misurazione normalizzata, è rispettata se la lampada è montata ad un'altezza di 0,65 m dalla superficie stradale, il misuratore di luminanza è montato direttamente sopra la lampada ad un'altezza di 1,2 m dalla superficie stradale e le misurazioni sono effettuate da una distanza di 30 m. Il proiettore deve avere un'intensità luminosa di almeno 100 000 cd in modo tale da fornire un'illuminazione E_{\perp} maggiore di 100 lx. Il raggio del proiettore dovrebbe essere sufficientemente ampio da consentire un'illuminazione uniforme dell'area di misurazione. Un angolo di misurazione idoneo del misuratore di luminanza è un angolo di $6'$, che dà un'area di misurazione ellittica di 5 cm per 130 cm. Per questo angolo di misurazione, la risoluzione del misuratore di luminanza dovrebbe essere di $0,1 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ o maggiore.

È opportuno evitare che luce riflessa colpisca l'apparecchiatura di taratura, che si tratti di un misuratore di illuminazione o di riflessione, frapponendo schermi o superfici scure opache fra la luce e l'apparecchiatura di taratura durante la taratura. È inoltre opportuno evitare che la segnaletica orizzontale sia colpita da riflessi generati da oggetti luminosi dietro ad essa, quali proiettori di veicoli che sopraggiungono, cartelli stradali o superfici riflettenti. Quando si misurano segnali orizzontali bagnati, è di particolare importanza eliminare i riflessi.



Condizioni di bagnato

Tale condizione di prova deve essere creata versando acqua chiara da un secchio di capacit  pari a circa 10 l e da un'altezza di circa 0,5 m dalla superficie. L'acqua deve essere versata in modo uniforme lungo la superficie di prova in modo tale che l'area di misurazione e l'area circostante siano temporaneamente sommerse da un'ondata d'acqua. Il coefficiente di luminanza retroriflessa RL in condizioni di bagnato deve essere misurato alle condizioni di prova 1 min dopo aver versato l'acqua.

Il valore di retroriflessione deve essere determinato in funzione della tipologia della segnaletica e delle condizioni della superficie stradale come previsto dalla UNI EN 1436 allegato B.

Strisce longitudinali, simboli, lettere, strisce trasversali e frecce direzionali. Ogni singola verifica deve risultare dalla media di cinque sondaggi eseguiti nel tratto stradale scelto per il controllo, in punti diversi. In ogni sondaggio devono essere effettuate minimo quindici letture dei valori di retroriflessione. Per ogni simbolo, il valore di retroriflessione sar  dato dalla media di minimo tre letture. Per ogni lettera, il valore di retroriflessione sar  dato dalla media di minimo tre letture. Per ogni striscia trasversale, il valore di retroriflessione sar  dato dalla media di minimo quindici letture. Per ogni freccia direzionale sulla piattaforma, il valore di retroriflessione sar  dato dalla media di minimo cinque letture.

Verifica della resistenza al derapaggio. Per la misurazione della resistenza al derapaggio SRT, si rimanda alla norma europea UNI EN 1436.

Principio della prova

L'apparecchiatura di prova   costituita da un pendolo oscillante provvisto di un cursore di gomma all'estremit  libera. Viene misurata la perdita di energia causata dall'attrito del cursore su una lunghezza specificata della superficie stradale. Il risultato   espresso in unit  SRT.

12.9 VERIFICA DEI REQUISITI PRESTAZIONALI DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE CON SISTEMI AD ALTO RENDIMENTO

Metodo di misurazione del Coefficiente di luminanza retroriflessa (RL). I controlli verranno eseguiti dal CSS di Cesano, o con l'ausilio di Imprese specializzate ritenute idonee dal Comittente, in accordo e con l'assistenza della DL impiegando un automezzo ad alto rendimento che misura automaticamente e ad una velocit  sostenuta, **almeno dopo 30 giorni dall'applicazione dei prodotti segnale-**



tici, il coefficiente di luminanza retroriflessa dei materiali per la segnaletica orizzontale presenti sulla carreggiata stradale.

Tale mezzo deve impiegare un'apparecchiatura di lettura con geometria stabilita dalla UNI EN 1436 allegato B. I valori della visibilità notturna devono essere rilevati in continuo con un intervallo non minore di 40 cm, e devono essere restituiti con un valore medio ogni 50 o 100 metri, al fine di determinare i tronchi omogenei specificati nel successivo paragrafo.

Tali rilievi devono essere effettuati sulle strisce longitudinali continue e discontinue.

Tronchi omogenei. La serie di dati puntuali (valori di luminanza retroriflessa campionati con il passo di misura scelto così come indicato al paragrafo precedente) vengono elaborati in "TRONCHI OMOGENEI" allo scopo di ridurre la dispersione di tali dati che possono essere imputati ad errori casuali o a piccole disomogeneità dei materiali.

Il tronco omogeneo si può anche calcolare con misure di tipo puntuale, purché sufficientemente numerose. Per tronco di misura omogenea (tratto in condizioni simili) si intende un tratto di segnaletica per il quale ha senso definire un valore medio ed una varianza della misura considerata (valori dell'indicatore ripartiti secondo una distribuzione "normale") e per il quale la differenza con le medie del tronco precedente e successivo risulta significativa. I tronchi omogenei saranno individuati da un programma di calcolo collegato al programma di restituzione dei dati di retroriflessione. Tale valore medio sarà utilizzato per verificare i requisiti prestazionali del fattore di luminanza retroriflessa RL e per l'accettazione o meno dei lavori.

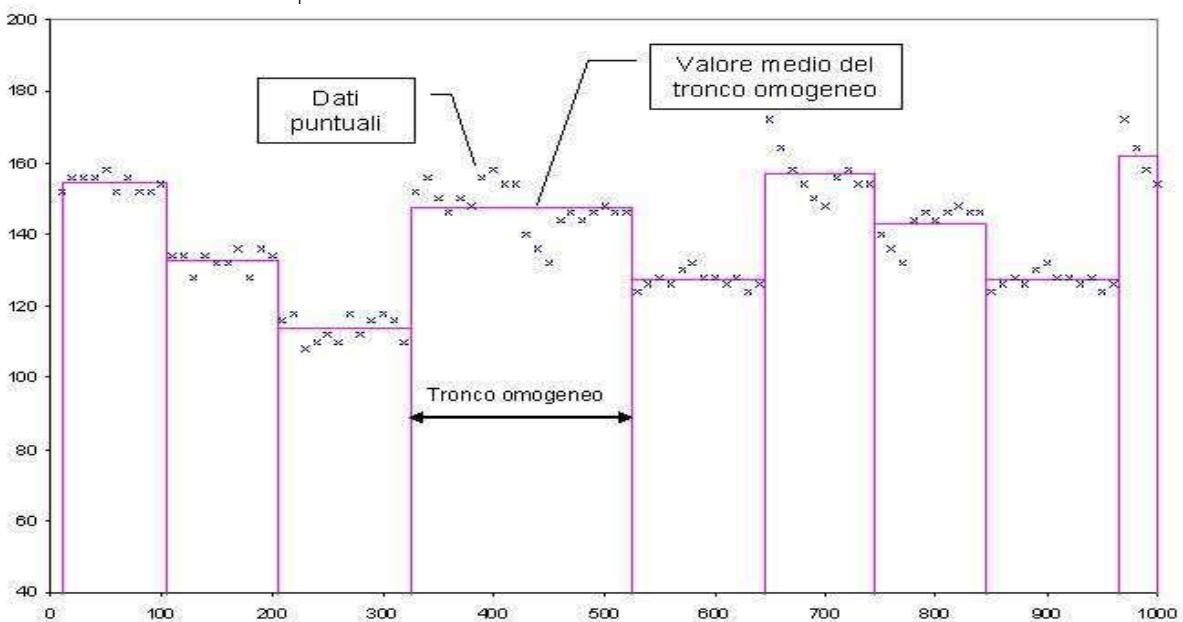


Figura 2 – Diagramma individuazione "tronchi omogenei"



Con i valori rilevati per i tronchi omogenei o a partire dai dati puntuali, si calcolerà l'**Indicatore di Qualità della Segnaletica I_{SEGN}** secondo la formula riportata nella Tabella 53 dell'indicatore I_{SEGN} : il valore di I_{SEGN} varia tra 100 e 0, sulla base della presenza più o meno elevata di tratti con valori di retroriflessione anch'essa più o meno elevata, ma mai inferiore al limite richiesto; il valore di I_{SEGN} da ritrovare sulla tratta in esame è quello del livello richiesto in contratto (rilevamenti una tantum o contratto a forfait).

Tabella 53: Indicatore di qualità della segnaletica ISEGN

1. INDICATORE	I _{SEGN}
1.1 Nome dell'indicatore	Indicatore di Qualità per la visibilità della Segnaletica orizzontale
1.2 Criterio di valutazione	$I_{SEGN} = (A\% + 3/4B\% + 1/2C\%)$ In cui A,B,C, sono la lunghezza % dei tratti con i valori di R _L di quei livelli
1.3 Unità dell'indicatore	valore da 0 a 100
1.4 Rete considerata	Rete ANAS
1.5 Livelli di qualità dei tratti sotto contratto	: I : $80 \leq I_{SEGN} \leq 100$ MOLTO BUONO : II : $60 \leq I_{SEGN} < 80$ BUONO : III : $40 \leq I_{SEGN} < 60$ SUFFICIENTE : IV V : $0 \leq I_{SEGN} < 40$ INSUFFICIENTE
1.6 Utilizzazione	Manutenzione Ordinaria
1.7 Categoria dell'indicatore	SICUREZZA - COMFORT
2. PARAMETRO DI RIFERIMENTO	Luminanza retroriflessa R _L
2.1 Apparecchio o sistema di misura	Apparecchiatura per la misura di RL ad alto rendimento: (angolo illuminazione 1,24°; angolo di osservazione 2,29°, simulante visione a 30 m)
2.2 Tipo di misura	:ALTO RENDIMENTO
2.3 Unità di misura	: $\text{mcd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$
2.4 Frequenza di campionamento	: 50 m (con una frequenza di 50 m e con misure puntuali si possono ottenere tratte omogenee anche con l'apparecchio manuale)
2.5 Opera, sezione o tratto a cui si riferisce	: Tratti omogenei, tratti da misure continue
2.6. Classifica delle misure	: A : $160 \leq R_L$ MOLTO BUONO : B : $140 \leq R_L < 160$ BUONO : C : $100 \leq R_L < 140$ SUFFICIENTE : D : $0 \leq R_L < 100$ INSUFFICIENTE
2.7 Periodicità di misura	CASUALE almeno 1 volta nel primo anno e 1 volta negli anni successivi o dopo la stesa ed entro 3 mesi dalla stessa
3. NOTE E COMMENTI	Collegare alle misure di SCRIM o ERMES aderenza superficiale



Aderenza. Coefficiente di aderenza trasversale (CAT). Il valore di aderenza potrà essere misurato con l'Apparecchiatura SCRIM o ERMES e il valore di CAT misurato sulla segnaletica dovr  essere analogo a quello misurato sulla pavimentazione adiacente.

Criteri di accettazione della segnaletica orizzontale nuova. Le verifiche, nel caso si debba garantire una precisa fascia di valori di I_{SEGN} (Indicatore di qualit  per la visibilit  della segnaletica orizzontale), saranno eseguite durante l'intero periodo contrattuale e costituiranno elemento di valutazione circa la corretta gestione ed esecuzione dell'attivit  da parte dell'Appaltatore.

La fascia di I_{SEGN} da rispettare sar :

- Tra 80 e 100 nel caso di autostrade e strade di tipo A
- Tra 60 e 80 nel caso strade di tipo B
- Maggiore di 50 nel caso di altre strade.

All'atto della verifica, i valori riscontrati devono in ogni caso risultare superiori alle SOGLIE DI ACCETTABILITA' anche in condizioni di piano viabile liscio e indipendentemente dall'eventuale usura causata dalle operazioni di manutenzione invernali del piano viabile. La Direzione Lavori effettuer , in contraddittorio con l'Impresa, un numero minimo di controlli ad alto rendimento o puntuali, per ogni anno, per la verifica di ognuno dei requisiti previsti dal presente Capitolato. I controlli e le misurazioni degli standard qualitativi previsti, **da eseguirsi in contraddittorio tra la Direzione Lavori e l'Appaltatore** e comunque in conformit  a quanto stabilito dalla Norma Tecnica UNI EN 1436, saranno eseguiti direttamente dalla DL che potr  avvalersi del CSS ANAS SpA oppure di altro Laboratorio ufficiale autorizzato. In caso di mancato rispetto dei valori richiesti, l'Appaltatore   tenuto, a sua cura e spesa, al rifacimento della segnaletica orizzontale nei tratti interessati al seguito di comunicazione da parte della DL.

Criteri di accettazione della segnaletica orizzontale esistente. Per i lavori di manutenzione della segnaletica orizzontale, per tutto il periodo contrattuale, la segnaletica dovr  mantenere livelli prestabiliti in termini di retro riflessione, visibilit  diurna, fattore di luminanza, colore e scivolosit  (SRT) da ottenere con il primo ripasso e da mantenere con ripassi successivi; il tutto verificato con misure puntuali e/o ad alto rendimento, descritte negli articoli che seguono. I lavori potranno anche essere richiesti per periodi minori o una tantum, ma le verifiche saranno comunque prestazionali con gli stessi strumenti e parametri dell'affidamento. Le verifiche, nel caso si debba garantire una precisa fascia di valori di I_{SEGN} (Indicatore di qualit  per la visibilit  della segnaletica orizzontale), sa-



ranno eseguite durante l'intero periodo contrattuale e costituiranno elemento di valutazione circa la corretta gestione ed esecuzione dell'attività da parte dell'Appaltatore.

La fascia di I_{SEGN} da rispettare sarà:

- Tra 80 e 100 nel caso di autostrade e strade di tipo A
- Tra 60 e 80 nel caso strade di tipo B
- Maggiore di 50 nel caso di altre strade.

All'atto della verifica, i valori riscontrati devono in ogni caso risultare superiori alle SOGLIE DI ACCETTABILITA' anche in condizioni di piano viabile liscio e indipendentemente dall'eventuale usura causata dalle operazioni di manutenzione invernali del piano viabile. **La Direzione Lavori effettuerà, in contraddittorio con l'Impresa**, un numero minimo di controlli ad alto rendimento o puntuali, per ogni anno, per la verifica di ognuno dei requisiti previsti dal presente Capitolato. I controlli e le misurazioni degli standard qualitativi previsti, da eseguirsi in contraddittorio tra la Direzione Lavori e l'Appaltatore, e comunque in conformità a quanto stabilito dalla Norma Tecnica UNI EN 1436, saranno eseguiti direttamente dalla DL che potrà avvalersi del CSS ANAS SpA oppure di altro Laboratorio ufficiale autorizzato. I controlli con metodologia ad alto rendimento saranno eseguiti con frequenza minima di almeno una volta l'anno distribuiti nell'arco di tempo corrispondente alla vita utile del prodotto applicato e riferiti ai gruppi omogenei individuati. In caso di mancato rispetto dei valori richiesti, l'Appaltatore è tenuto, a sua cura e spesa, al rifacimento della segnaletica orizzontale nei tratti interessati al seguito di comunicazione da parte della DL

12.10 VERIFICA DELLE CARATTERISTICHE PRESCRIZIONALI DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE

Le prove successivamente elencate e sommariamente descritte (non esaustive), sono le analisi normalmente eseguite in laboratorio per la caratterizzazione fisica, chimica e tecnologica, dei prodotti più utilizzati nell'ambito della segnaletica stradale orizzontale: le pitture spartitraffico a solvente e le pitture realizzate con i prodotti plastici, termoplastici e plastici a freddo. La quantità di materiale necessario per eseguire la maggior parte delle prove richieste, in funzione della tipologia di prodotto segnaletico, è elencato nella seguente tabella:

Tabella 54 : S.O. -Quantità minime di campioni* richieste per lo svolgimento delle prove

PRODOTTO	QUANTITA' CAMPIONI	UNITA' DI MISURA
Pittura (per ogni colore)	5	Litri
Materiali termoplastici (per ogni colore)	8	Chilogrammi
Materiali plastici a freddo (totale di tutti i componenti nelle corrette proporzioni)	5	Chilogrammi
Inseri stradali catarifrangenti (per ogni colore) (Vedi nota 2)	3	Unità



Materiale preformato per segnaletica orizzontale (per ogni colore) - (Vedi nota 2)		0,75	Metri quadrati
Microsfere di vetro da premiscelare e da postspruzzare		1,5	Chilogrammi
Nota 1	In caso di programma di prove ridotti o qualora la presente norma sia utilizzata per altre prove non definite al suo interno, è possibile utilizzare quantità di campione diverse.		
Nota 2	Qualora risulti necessario prelevare un campione di adesivo per effettuare le prove sugli inserti stradali catarifrangenti e materiale preformato per segnaletica orizzontale, si raccomanda di utilizzare la quantità minima di 1 kg di campione.		

* Prospetto 2 della norma UNI EN13549 "Materiali per segnaletica orizzontale – Campionamento da prodotti immagazzinati e prove". Le modalità di campionamento sono indicate dalla norma.

12.11 PROVE SULLE PITTURE A SOLVENTE

Massa volumica (densità) - ASTM D 1475 - Massa per unità di volume della pittura determinata ad una specifica temperatura T. Viene designata in grammi per millilitro (*g/ml*) e rappresenta il rapporto tra la massa della sostanza fluida, alla temperatura T, e la massa di un eguale volume d'acqua a 4° C. Il metodo utilizzato consente di determinare con notevole accuratezza la densità di un fluido viscoso, con presenza o meno di sfere di vetro premiscelate, e con componenti altamente volatili. La temperatura di prova suggerita dal metodo è di $25 \text{ }^\circ \pm 0.1 \text{ }^\circ \text{C}$.

Residuo non volatile (materie non volatili) - ASTM D 1644 - Metodo A - Massa residua, definita anche residuo secco, ottenuta dopo che la pittura è stata riscaldata ad una temperatura e ad un tempo determinato. La prova consente di individuare la frazione di una pittura che è stabile all'azione della temperatura indicata dal metodo, 105 ° C per 3 ore, mentre i solventi volatili sono allontanati dalla massa. I componenti volatili non restano nella pellicola della pittura durante la formazione del film nella fase d'essiccamento, poiché la loro funzione è di mantenere separati, in condizioni di stabilità prima dell'applicazione, i leganti, i pigmenti, i riempitivi e le microsfere di vetro (residuo non volatile).

Contenuto di pigmento e riempitivi (Contenuto di pigmento nella pittura) - *Federal Test Method Std. No. 141a - Method 4021.1* - La prova consiste nell'estrarre dalla pittura il pigmento e i riempitivi con l'ausilio di una miscela di solventi, composta da etere etilico, benzene, alcool metilico e acetone, che solubilizzano la fase legante della stessa. La separazione della parte organica (veicolo e solventi) della pittura consente di avere un precipitato di pigmento, riempitivi (cariche) e microsfere di vetro. Una volta determinato il contenuto delle sole microsfere di vetro per differenza si ricava il contenuto di pigmento e di riempitivi.



Potere coprente – Metodo di riferimento UNI ISO 3905 – Il metodo è definito per pitture chiare a resa stabilita. Nel caso delle pitture spartitraffico utilizzate dall'Anas, la resa media è di $1.35 \text{ m}^2/\text{kg}$ (la resa deve essere compresa tra 1.2 e $1.5 \text{ m}^2/\text{kg}$). Su dei supporti cartacei con superficie liscia e impermeabile, con la metà dell'area colorata bianca e l'altra metà nera, facilmente bagnabile dalle pitture a solvente, si stende un film di pittura aumentando progressivamente lo spessore in ogni cartoncino fino ad avere l'apparente copertura delle sottostanti aree colorate. Il principio del metodo è basato sul presupposto che per pitture pigmentate bianche, il rapporto di contrasto (opacità) sia una funzione lineare della resa superficiale. Di conseguenza, se si rappresentano in un grafico i rapporti di contrasto e le rese superficiali determinate sperimentalmente, si può determinare per interpolazione lineare la resa superficiale ricercata. Il potere coprente di una pittura è definito come la resa superficiale in corrispondenza di un rapporto di contrasto del 98%. Il rapporto di contrasto è determinato con l'ausilio di uno spettrofotometro, in condizioni d'illuminazione normalizzata (illuminante D65 corrispondente ad una temperatura di 6504 K). Con tale strumento si rileva la funzione colorimetrica Y che, com'è noto, è direttamente proporzionale al fattore di luminanza e pertanto misura la chiarezza di una superficie. Il rilievo della funzione colorimetrica è eseguito più volte sia sulla parte della pittura coprente l'area nera del cartoncino, sia sulla parte bianca. Per ogni provino si calcola il rapporto di contrasto, espresso in percentuale, tra il valore medio di Y_n rilevato sul film che copre l'area nera del supporto e il valore di Y_b rilevato sulla parte bianca. Il potere coprente di una pittura corrispondente al rapporto di contrasto del 98%, non rappresenta visivamente una completa copertura del supporto. Un film è definito opaco quando il valore di Y è lo stesso sia sulla parte nera, sia sulla parte bianca, e non aumenta se si aumenta lo spessore della pittura. Per ogni provino predisposto per valutare il potere coprente si calcola la massa della pellicola per unità di superficie, lo spessore umido e la resa superficiale: per l'elaborazione di questi dati è necessario conoscere la densità e il residuo non volatile della pittura.

Contenuto di biossido di titanio (TiO_2) - *Metodo dell'acqua ossigenata (determinazione colorimetrica)* - Dal precipitato di pigmento, riempitivi e microsferi di vetro, si preleva una determinata quantità e si macina finemente; successivamente si sottopone ad un processo di solubilizzazione con l'ausilio di una soluzione di solfato d'ammonio e acido solforico. La soluzione ottenuta (di colore giallo pallido), una volta filtrata e ossidata con l'aggiunta d'acqua ossigenata, è analizzata con uno spettrocolorimetro ($\lambda = 410 \text{ nm}$). Con l'ausilio di un diagramma, si risale alla concentrazione del biossido di titanio presente nella soluzione e, successivamente, alla percentuale in peso sull'insieme del precipitato. Il diagramma di confronto rappresenta la curva di taratura costruita utilizzando delle soluzioni in cui la concentrazione di biossido di titanio è nota.



Consistenza - *Metodo ASTM D 562 (Procedura A)* - La prova consente di determinare in unità convenzionali la consistenza di una pittura. Il metodo definisce il termine consistenza come il peso in grammi necessario a produrre in un determinato tempo (30") una specifica velocità di taglio (misura della coppia torcente), ad una data temperatura (25 °C) con l'apparecchiatura Krebs-Stormer (tale apparecchiatura viene pretrata con un olio a viscosità nota, tra i 10 e i 15 poise). Il risultato della prova è espresso in unità Krebs (UK). La prova consiste, attraverso ripetuti tentativi, nell'individuare il peso in grammi che, nel tempo prescritto, riesce a fare compiere al rotore immerso nel prodotto verniciante 100 giri. Il valore può essere ricavato interpolando la curva ottenuta dai risultati di prova. Il valore individuato è associato alle unità Krebs rilevate in un'apposita tabella.

(Nota tecnica. Il metodo è stato ideato negli USA in occasione di uno studio relativo alla consistenza delle pitture utilizzate per le pareti interne degli edifici. La procedura è rilevabile nella norma ASTM D562-55. Per consistenza s'intende la resistenza allo scorrimento della pittura dovuta alla sua viscosità. Si è rilevato che si ha un'alta consistenza quando le pitture si collocano sopra le 100 Unità Krebs, la consistenza è media al di sotto le 100 UK. Le unità prescritte dal capitolato Anas per le pitture spartitraffico sono comprese nell'intervallo 70 – 90 UK. Un'altra unità di misura utilizzata è quella determinata in base al tempo, in secondi, impiegato dalla pittura a defluire da un particolare recipiente attraverso un foro calibrato a sezione quadrata (viscosità in secondi Ford a 20 °C). La viscosità η , com'è noto, è misurata in Pascal-secondo o in milliPascal-secondo. Quest'ultima unità corrisponde ad un centiPoise (cP) che è un'altra unità di misura tipica della viscosità).

Tempo d'essiccamento - *Metodo ASTM D 711* - La prova determina in ambiente condizionato (25 °C e 50-60 % W) il tempo d'essiccamento di un film di pittura dello spessore di 380 μm , steso su un supporto di vetro che è successivamente appoggiato su un piano inclinato di circa 10°. Sul film è fatto scorrere, ad intervalli regolari, un cilindro d'acciaio dotato d'anelli di gomma sintetica aventi caratteristiche meccaniche determinate. Il tempo d'essiccamento è dato dal tempo intercorso tra il tempo finale (t_f), in cui la pittura non aderisce più agli anelli di gomma, e il tempo iniziale (t_i) di stesa del film.

Resistenza agli agenti chimici (carburanti, lubrificanti, cloruro di calcio e di sodio- *Metodo sperimentale* - Sono predisposti 6 provini di pittura dello spessore di 250 μm in un analogo numero di supporti metallici, e dopo averli condizionati a temperatura ambiente (23 ± 2 °C e $50 \pm 5\%$ W) per 7 giorni sono immersi nei liquidi di prova ad una determinata temperatura e per un tempo non superiore a 60'. Dopo un ulteriore periodo di stagionatura si osserva lo stato di conservazione della superficie della pittura in ogni singolo elemento. La prova s'intende superata se non sono rilevati



sulla superficie distacchi, fessurazioni, bolle, sfarinamenti e perdita di microsferi di vetro; inoltre, dopo l'attacco degli aggressivi chimici, non dovranno modificarsi le caratteristiche fotometriche e colorimetriche iniziali dei provini.

Resistenza all'abrasione – *Metodo UNI 10559* – La prova consente di valutare la perdita di massa della pellicola di pittura dopo essere stata assoggettata all'azione di mole abrasive di durezza predefinita, alle quali si aggiungono dei pesi supplementari di 500 o 1000 g. Per eseguire la prova si utilizza l'apparecchio Taber Model 503 Abraser. La pittura è stesa con uno spessore umido di 250 micron su tre supporti d'acciaio aventi forma quadrata e i bordi smussati. Dopo un condizionamento per 24 ore, i campioni sono sottoposti alla prova d'abrasione utilizzando le mole CS-10 caricate di un peso di 500g, per 500 o 1000 giri (secondo la norma, lo spessore del prodotto, il tipo di mola, il peso e il numero di giri deve essere preventivamente concordato con il committente). Al termine della prova non si deve avere scoprimiento del metallo in un solo punto dei supporti.

Un'altra prova per determinare il grado d'abrasione del film di pittura, è quella descritta nel metodo *ASTM D 968*, denominato metodo a caduta di sabbia. In questa prova, la resistenza all'abrasione del film di pittura è determinata dalla quantità d'abrasivo richiesto (sabbia silicea naturale, passante al setaccio ASTM n. 20 (850 micron) e trattenuta al setaccio ASTM n. 30 (600 micron) per esporre un'area di 3.9 mm di diametro del pannello metallico liscio, inclinato a 45°, su cui è steso un film dello spessore di 250 micron. La sabbia cade da una data altezza attraverso un tubo guida il cui bordo inferiore dista dal provino esposto 25.4 mm. La velocità d'efflusso deve essere di 2 litri di sabbia in 21±23.5 secondi. Il risultato di prova è il coefficiente d'abrasione, dato dal rapporto V/T , dove V è il volume di sabbia utilizzato per abrader l'area di pittura prescritta e T (thickness) è lo spessore del film in mm.

Resistenza all'azione dei raggi UV – *ex Norma UNI 9397/89* – La norma citata è stata ritirata e non è stata sostituita. La prova è applicata dal CRC in quanto utile per mettere in evidenza eventuali difetti del film di pittura. La prova consiste nell'esporre all'azione della luce emessa da una lampada allo xeno, che approssima lo spettro d'emissione della radiazione solare normalizzata D65, tre provini di pittura dello spessore umido di 380 micron. Un quarto provino è conservato come campione di riferimento. Dopo aver stagionato i provini, questi sono inseriti in uno speciale apparecchio per prove solari (la lampada è posta sul fuoco di un riflettore a parabola) e sottoposti per 48 ore consecutive all'azione della luce solare. Se richiesto, l'esposizione può essere prolungata per una durata determinata in multipli di 24 ore. Per i materiali sottoposti a normali condizioni di luce solare diretta, si usa un filtro che consente la simulazione di tali condizioni: il filtro intercetta tutte le radiazioni di lunghezza d'onda inferiore e permette l'emissione spettrale con inizio dalle radiazioni da 300 nm. Un sistema di specchi atti a riflettere la luce ultravioletta e visibile, è collocato nella parte superiore della lampada. A tale sistema, che consente il passaggio verso l'esterno



degli infrarossi, è aggiunto un dispositivo di ventilazione che consente di mantenere costante la temperatura di prova tra i 45° e i 60°C. Sui provini sottoposti a prova si determina visivamente la presenza di screpolature, sfarinamenti, variazioni di colore e perdita di brillantezza. La valutazione visiva è accompagnata dalla determinazione strumentale del fattore di luminanza e delle coordinate cromatiche, prima e dopo la prova.

Determinazione del contenuto di microsfere di vetro rifrangenti - *Metodo AM-P.01/14* - Dopo aver ben omogeneizzato il prodotto, le microsfere di vetro sono separate dalla pittura con l'ausilio di una soluzione solvente (Etil Acetato, Xilene, Benzolo, Acetone) e tramite agitazione con una bacchetta di vetro. Il pigmento, più leggero delle microsfere di vetro, resta in sospensione ed è asportato mediante aspirazione. Si ripete l'operazione fino alla completa eliminazione delle tracce di pigmento dalle microsfere di vetro utilizzando, nella fase conclusiva dell'operazione, dell'acido cloridrico diluito. Per il lavaggio finale si usa acqua distillata. Il contenuto di microsfere di vetro è espresso come media percentuale sulla pittura dei valori ottenuti da due determinazioni.

Granulometria delle microsfere di vetro rifrangenti - *Metodo ASTM D 1214 - (metodo meccanico)* - Dalle microsfere di vetro separate, di cui al punto m, si ricavano 2 campioni rappresentativi di 50 g ciascuno per essere avviati alla selezione granulometrica previo trattamento termico (105-110 °C) per eliminare eventuali tracce d'acqua residua. La prova consiste nel far attraversare alle microsfere di vetro, con l'ausilio di un agitatore meccanico, una serie di setacci disposti con le luci nette delle reti aventi valore decrescente verso il basso. Il sistema comprende un coperchio ed un fondo per la raccolta delle microsfere di vetro le cui dimensioni sono inferiori a 0.063 mm. Il risultato finale dell'analisi è espresso come media percentuale tra i due campioni delle microsfere di vetro passanti in ciascun setaccio.

Sfericità delle microsfere di vetro - *Metodo ASTM D 1155 - (Procedura A)* - Una selezione di microsfere di vetro, rappresentative del campione di pittura, è suddivisa in 2 gruppi con l'ausilio del setaccio n.50 (300 µm). Successivamente ciascun gruppo è fatto cadere da 13 mm d'altezza, su un pannello di vetro inclinato rispetto all'orizzontale e di un angolo che è in funzione del diametro medio delle microsfere di vetro. Il pannello è sottoposto a vibrazione la cui frequenza fissa è di 60 impulsi al secondo. Le microsfere di vetro perfettamente sferiche si depositeranno, seguendo l'inclinazione del pannello, in un contenitore posto in corrispondenza del bordo inferiore. Durante la vibrazione, le microsfere di vetro ovalizzate e le particelle di vetro di forma irregolare seguiranno il percorso opposto e si depositeranno in un recipiente sistemato in corrispondenza del limite superiore del pannello. Una volta separate, le microsfere di vetro sferiche saranno espresse in percentuale in peso rispetto alla selezione iniziale comprensiva di microsfere di vetro di forma regolare e irregolare.



Questa prova dovrà essere integrata dalla procedura prevista nella norma EN 1423 relativa al metodo di determinazione delle imperfezioni delle microsfere di vetro. Le imperfezioni contemplate sono le seguenti:

- microsfere ovalizzate;
- microsfere a goccia;
- microsfere fuse tra loro;
- microsfere con satelliti;
- microsfere opache;
- microsfere lattiginose;
- microsfere con inclusioni gassose;
- particelle di vetro con spigoli vivi;
- particelle di materiale diverso dal vetro.

Attualmente la forma delle microsfere di vetro è determinata con sistemi più moderni. A tal fine si utilizza il microscopio associato ad una telecamera per il rilievo delle immagini delle sfere di vetro che sono successivamente elaborate da un computer con l'ausilio di un software predisposto per il calcolo automatico del numero di microsfere di vetro presenti nel campo di misura, delle loro dimensioni, della loro forma, del loro perimetro, ecc.. Il programma consente, infine, l'elaborazione statistica dei risultati e l'archiviazione delle immagini. Il metodo per la determinazione della qualità delle sfere di vetro è descritto nell'appendice D della norma EN 1423.

Indice di rifrazione delle microsfere di vetro - Metodo UNI 9324 - (Metodo dell'immersione) - L'indice di rifrazione " n " è determinato con un microscopio a luce trasmessa e una serie di liquidi a bassa volatilità e indice di rifrazione conosciuto (Benzilacetato, Difelinetene, Metilene Ioduro, ecc.). Una piccola quantità di sfere di vetro, rappresentativa del campione di pittura, è immersa, in condizioni ambientali definite dal punto di vista termometrico, in un liquido con " n " noto. Con il microscopio a luce trasmessa si osserva la presenza della linea di Becke, una frangia luminosa che si sposta verso il centro della perlina immersa, allontanando l'oggetto dal fuoco dell'obiettivo, se l'indice di rifrazione è maggiore nelle microsfere di vetro rispetto a quello del liquido di riferimento, ovvero se la linea luminosa si sposta verso il liquido, l'indice " n " è superiore nel liquido di riferimento rispetto a quello del vetro delle microsfere di vetro. Nel caso in cui la linea non compare, i due mezzi hanno lo stesso indice di rifrazione. Il metodo è così sensibile che è sufficiente una differenza di pochi millesimi, tra i due indici delle sostanze analizzate, perché compaia la linea di Becke. La norma En 1423/97, relativa alle microsfere di vetro, per la determinazione dell'indice di



rifrazione adotta il metodo di "Schroder Van der Kolk" applicabile ai prodotti monorifrangenti come le sfere di vetro. Le differenze dell'indice di rifrazione sono già percepibili con l'illuminazione assiale degli oggetti, esse aumentano notevolmente con l'illuminazione obliqua, poiché le frange luminose o le strisce scure sono molto più accentuate su un lato della sfera di vetro rispetto all'altro. La posizione della striscia illuminata e di quella scura, dipende dalla direzione del raggio incidente e dalla differenza d'indice di rifrazione tra il vetro della perlina e il liquido d'indice noto in cui è immersa. L'illuminazione è ottenuta con l'ausilio di un cartoncino nero rigido che consente di produrre un'illuminazione obliqua nella parte visibile del campo, nascondendo metà del campo dell'oculare.

Resistenza delle microsfere di vetro agli aggressivi chimici (Stabilità chimica delle microsfere di vetro) - UNI EN 1423 - Una selezione rappresentativa di microsfere di vetro è sottoposta all'aggressione del cloruro di calcio e di sodio in soluzione normale (3 ore), dell'acido solforico diluito al 20% (1 ora) e dell'acido cloridrico in soluzione normale (1 ora). Trascorsi i relativi tempi d'aggressione, si separano le microsfere di vetro per filtrazione e sono accuratamente lavate con acqua distillata e asciugate. Successivamente sono sottoposte a controllo comparativo, con le microsfere di vetro originarie non sottoposte al trattamento d'aggressione, con l'ausilio di un microscopio. Al termine della prova le microsfere di vetro devono mantenere inalterate le loro caratteristiche originarie: forme regolari, colore costante, trasparenza e potere riflettente.

La norma EN 1423 prescrive la resistenza all'acqua, all'acido cloridrico diluito, al cloruro di calcio e al solfuro di sodio in soluzione.

Spessore della pittura (Provini da predisporre in situ) - *Metodo sperimentale* - Durante la stesa in cantiere si disporranno, in corrispondenza dell'apparecchiatura erogatrice, 3 supporti metallici, preventivamente pesati, delle dimensioni di cm 50x30x0.05, che saranno ricoperti da altrettante strisce di pittura. Al termine della deposizione i lamierini saranno pesati (peso lordo umido) e lasciati asciugare nelle condizioni ambientali di stesa. Dopo l'essiccazione della pittura, i supporti sono nuovamente pesati (peso lordo secco) e se ne rileva lo spessore medio in micron con un misuratore di riporti elettronico. Infine, conoscendo la massa media di pittura deposta, la superficie media coperta in cm^2 e lo spessore medio della pittura, si può risalire alla resa del prodotto verniciante in situ (m^2/kg). In modo analogo si possono prelevare campioni di prodotti plastici a freddo o di termoplastici.

12.12 PROVE SULLE PITTURE TERMOPLASTICHE, SUI PRODOTTI PLASTICI A FREDDO E SUI PREFORMATI



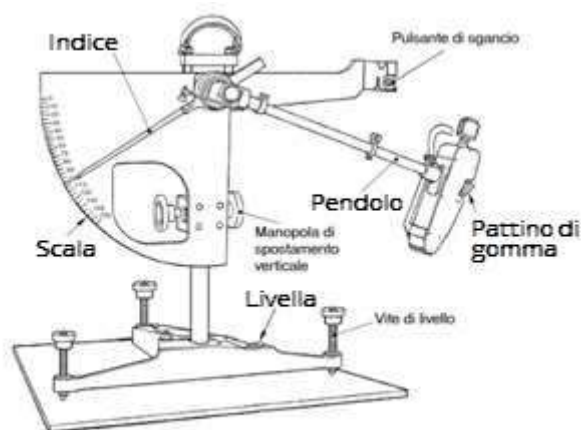
Pitture e prodotti plastici a freddo - Determinazione del colore e del fattore di luminanza:

Principi di misura e apparecchiature: la procedura è analoga a quella descritta per le pitture a solvente;

dimensioni del pannello in alluminio (cm 15 x 7,5 x 0,06);

procedura di stesa: deve essere applicato un film di 400 micron di spessore.

Nel caso vi siano microsferi di vetro premiscelate, lo spessore del film corrisponde alla resa di 1 kg/m².



Strumento per la misura dello Skid Resistance Test

I pannelli predisposti sono fatti essiccare per 7 giorni in condizioni termoigrometriche definite (23°C 5 50% U.R.) in un luogo protetto dai raggi del sole e dalla polvere.

Sul prodotto così condizionato si misura il fattore di luminanza e il colore.

Pitture e prodotti plastici a freddo - Determinazione della stabilità in barattolo o nella confezione:

principio: il metodo proposto determina il grado di sospensione del pigmento e la facilità di miscelazione di un campione di pittura stagionata in condizioni omogenee e adatta per un uso immediato.

apparecchiature: tra le varie il Tamping apparatus, apparato di scuotimento, costipamento.

procedura di prova:

pitture: 3 recipienti ermeticamente chiusi con il campione di pittura sono pesati e collocati in un armadio termico a 45 °C per 30 giorni. Alla fine del periodo di condizionamento termico i tre reci-



pienti sono posti nell'apparato di Tamping e assoggettati a 25.000 colpi d'assestamento. Al termine attraverso il vetro dei recipienti si osserva se le fasi componenti il campione si separano;

plastici a freddo: prima della prova dovrà essere verificato se il campione di prodotto plastico a freddo contiene perossidi. Il campione si esamina come le pitture. Il Tamping test non sarà eseguito se il campione contiene perossidi;

determinazione del grado di sospensione e facilità di miscelazione: è definita una scala di valutazione della sospensione, da un valore minimo ad uno massimo, da 0 a 10.

Ad esempio:

valutazione 10: sospensione che non cambia rispetto all'aspetto originale;

valutazione 4: la spatola non riesce a passare attraverso la massa sedimentata né a toccare il fondo del recipiente per effetto della gravità. Con difficoltà si può spostare lateralmente la spatola nella massa sedimentata e si rileva una leggera resistenza ai bordi. Il prodotto può essere prontamente rimescolato e riportato allo stato omogeneo;

valutazione 2: difficoltà a far compiere un movimento obliquo ad una spatola immersa con forza nel prodotto;

valutazione 0: il prodotto è così compatto (agglomerato) che non può essere incorporato col liquido, mescolando manualmente, per formare una miscela omogenea senza grumi.

Pitture: metodo di prova per la resistenza all'affioramento del legante bituminoso (modificazione cromatica del pigmento):

principio: la pittura è applicata a una superficie bituminosa ed è esaminato lo scolorimento del film dopo un condizionamento di 72 ore;

materiali: pannelli di supporto in truciolato o cartone pressato delle dimensioni di cm 10 x 20 x 1 la cui densità sia inferiore a 0,8 g/mc;

bitume tipo B 70/100 o simile;

preparazione del pannello di supporto: diversi supporti sono rivestiti con una soluzione di bitume e toluolo al 50% applicata a pennello. I supporti saranno collocati in un armadio termico per 72 ore a 45 °C, successivamente condizionati per 12 ore alla temperatura dell'ambiente di prova;

procedura di prova:

- - una striscia adesiva trasparente della larghezza di cm 5 è collocata sul supporto, parallela al lato lungo, a cm 7,5 dal bordo in modo da ottenere una superficie coperta di 5 cm e una non coperta complessiva di 15 cm separata dall'adesivo centrale;



- - applicare il prodotto a pennello su tutto il supporto con uno spessore di 300 micron, in circa 4 secondi.
- - il supporto è fatto asciugare per 72 ore a 20 °C e poi per 24 ore a 45 °C.
- - è misurato il fattore di luminanza del nastro trasparente (β) e della pittura (β') per ottenere $\Delta\beta = (\beta - \beta')$.

Pitture, prodotti plastici a freddo e prodotti termoplastici - metodo di prova per la determinazione della resistenza agli alcali (*soda caustica diluita*):

principio: lo scopo di questo metodo è quello di contribuire a selezionare il prodotto per la segnaletica stradale orizzontale che è idoneo per essere applicato direttamente sopra substrati che reagiscono all'azione delle sostanze alcaline (pavimentazioni in cemento);

reagenti: idrossido di sodio, soluzione al 10% in acqua;

numero di prove: bisogna preparare tre pannelli di prova per ogni prodotto, due saranno sottoposti all'azione dell'idrossido di sodio e il terzo sarà utilizzato per il confronto;

prova: i prodotti saranno sottoposti all'azione della soluzione di idrossido di sodio per 48 ore a 45°C;

- - valutazioni della soluzione di prova e dello stato della superficie delle zone sottoposte all'azione della soluzione d'idrossido di sodio: una colorazione distinta e intensa della soluzione sarà il risultato del suo effetto sul legante, come una variazione del pigmento è il risultato dell'agitazione della soluzione; la condizione della superficie delle zone esposte all'azione della soluzione devono essere analizzate per evidenziare perdita di brillantezza, modificazione del colore, irruvidimento della superficie e fenomeni di abrasione;
- - valutazione dei materiali: la pittura è resistente agli alcali se non si riesce a staccare con una spazzola il film nelle zone soggette all'azione della soluzione di prova; i prodotti plastici a freddo e i prodotti termoplastici sono resistenti agli alcali se la soluzione di prova, dopo 48 ore di reazione, non presenta fenomeni di torbidità e intensa colorazione dovuta alla fuoriuscita del pigmento e se le zone di prova del materiale non presentano segni d'irruvidimento della superficie o esposizione delle microsferi.

Termoplastici: determinazione del colore e del fattore di luminanza:

principio: l'appendice A della norma, traslascia la misura del colore e del fattore di luminanza di un blocco solido di materiale termoplastico, il cui spessore è superiore ai 400 micron, previsti per il film di pittura stesa in un pannello d'alluminio. Questo metodo prevede un campione di prova di dimensione adeguata e spessore sufficiente per ottenere una superficie liscia con il massimo gra-



do di riflessione. Si possono utilizzare altri campioni se si è verificato che hanno le stesse specifiche proprietà.

apparecchiatura: sorgente luminosa e dispositivo di misura analogo a quello descritto nell'appendice C della norma EN 1436/97; stampo di gomma di silicone dello spessore di circa 1 cm, da utilizzare come base e una piastra d'analogia dimensione e spessore con un'apertura circolare di 10 cm di diametro;

procedura di prova: fondere e colare la quantità di materiale sufficiente a riempire lo stampo in gomma per ottenere una lastra di prodotto termoplastico del diametro di 10 cm e dello spessore di 1 cm. Per ottenere una superficie inferiore liscia si può caricare con una massa di 5 kg il prodotto quando è ancora caldo. Dopo che il campione si è raffreddato estrarlo dallo stampo e misurare il fattore di luminanza e le coordinate cromatiche nella superficie inferiore.

Termoplastici: determinazione del punto di rammollimento (softening point):

principio: il principio di questo metodo determina il punto di rammollimento di un materiale termoplastico per la segnaletica stradale in accordo con Wilhelmi. Il punto di rammollimento è la temperatura, sotto le condizioni di collaudo previste da questo metodo, alla quale uno strato dato di materiale termoplastico subisce una deformazione sotto l'azione di una palla d'acciaio di 13,9 g di peso.

apparecchiatura: tra i vari dispositivi ed accessori è previsto l'anello di Wilhelmi composto da un anello inferiore e da uno superiore con attacco a baionetta, che trattiene un'asta e dei perni sporgenti;

provini: due provini costituiti da 50 g di materiale;

preparazione dell'anello: il campione di prova deve essere fuso, colato nella metà inferiore dell'anello, successivamente è serrato tra le due metà dell'anello in modo da non essere deformato ai bordi;

procedura: il campione così preparato è collocato all'interno di un bicchiere a 50 mm dal fondo. Nel contenitore si versa il liquido di prova, acqua distillata o glicerina in funzione della temperatura di rammollimento del prodotto, successivamente si colloca sopra il campione di materiale termoplastico la sfera d'acciaio. Si aumenta uniformemente la temperatura del liquido di circa 5°C al minuto. Man mano che la temperatura aumenta il campione di materiale termoplastico tenderà ad incurvarsi verso il basso sotto il peso della sfera. Nel momento in cui il campione o la sfera toccheranno il fondo del contenitore, si rileva la temperatura con una approssimazione di ½ grado;

risultati: il valore medio delle due temperature rilevate, relative ai due provini, rappresenta il punto di rammollimento secondo il metodo Wilhelmi.

Termoplastici: determinazione della stabilità al calore (heat stability):



principio: il metodo è stato predisposto per determinare la stabilità al calore di un materiale termoplastico utilizzato nella segnaletica stradale sotto condizioni prescritte. La prova simula il riscaldamento che si verifica durante la stesa in condizioni normali.

descrizione della prova: il materiale termoplastico preventivamente fuso, è riscaldato per 6 ore alla temperatura d'applicazione. Successivamente, quando il materiale si è raffreddato a temperatura ambiente, devono essere determinati i seguenti parametri: fattore di luminanza e coordinate cromatiche, impronta, usura Tröger ed esposizione ai raggi UV;

apparecchiatura: per l'esecuzione della prova è necessario un dispositivo che consenta di somministrare calore e mantenere costante la temperatura di 220°C, un agitatore elettrico dotato di particolari pale per omogeneizzare il prodotto, in cui sia possibile controllare la rotazione delle stesse (100 giri al minuto), e un contenitore metallico il cui diametro interno sia di 10 cm e l'altezza di 13 cm;

preparazione dei provini: una serie di frammenti per un peso complessivo di 1.7 kg, sono prelevati casualmente da un campione di peso superiore preventivamente frazionato;

procedura: il campione è progressivamente riscaldato e omogeneizzato con l'agitatore fino a raggiungere la temperatura di prova prestabilita. Quando si è raggiunta tale temperatura (200°C è la massima temperatura applicabile), si mantiene il campione in condizioni termiche costanti per sei ore. Successivamente lo si lascia raffreddare a temperatura ambiente prima di eseguire le altre prove prescritte. Al termine delle varie prove i risultati sono comparati con il campione che non è stato sottoposto alla prova di stabilità al calore.



Termoplastici: resistenza all'impatto a freddo (cold impact):

principio: il metodo misura la resistenza del materiale termoplastico che è stato conservato a basse temperature (a 0 e a -10 ° C) , all'impatto di una palla d'acciaio, del diametro di 25,4 mm per una temperatura di 0°C e di 30.0 mm per una temperatura di -10°C, che cade da un'altezza di 2 m.

procedura: si ripete la prova su 10 provini e si registra il numero di campioni rimasti integri e quelli che presentano fessure o rotture.

Termoplastici: metodo per la prova d'impronta (indentation):

principio: il metodo determina il valore "dell'intaccatura" di un materiale termoplastico. Il valore d'impronta è definito come il tempo in secondi necessari perché un cilindro metallico, con un'area di 1 cm² e una forza di 515 N (52,52 kg), affondi di 10 mm nel materiale termoplastico a una temperatura di 20 °C.

Termoplastici e prodotti plastici a freddo: metodo per la prova d'usura Tröger:

principio:

il **metodo** consente la determinazione della resistenza all'usura di un materiale termoplastico o di un prodotto plastico a freddo utilizzati nella segnaletica stradale. L'usura è prodotta in un apparato di Tröger su un campione che è applicato su un provino Marshall (30 mm spessore). La prova è eseguita a una temperatura di -10 °C. Il metodo consente di simulare l'azione delle ruote chiodate su un segnale termoplastico o in un prodotto plastico a freddo in condizioni di basse temperature.

procedura: il materiale termoplastico, riscaldato e omogeneizzato, o il materiale plastico freddo è preparato ed applicato su un provino Marshall ed è successivamente condizionato a -10 °C per un periodo di tempo tra le 15 e le 20 ore. Al termine del periodo di condizionamento, il campione è montato in un apparato di Tröger. L'usura è provocata da una pistola ad aghi azionata da aria compressa. Durante la prova, dell'aria a -10

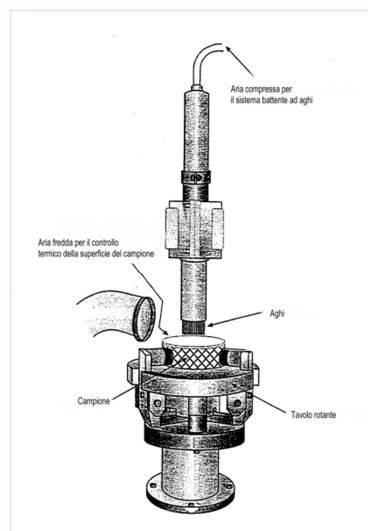


Figura 3 – Apparecchiatura per determinare la resistenza all'usura secondo il metodo Tröger (EN 1871).



°C è soffiata continuamente sul campione in esame. La massa di materiale abraso è registrata pesando il campione prima e dopo la prova.

12.12.1 Verifica delle caratteristiche prestazionali della segnaletica verticale

La DL disporrà le prove ritenute opportune per verificare le caratteristiche prestazionali delle pellicole utilizzate nella realizzazione dei segnali stradali verticali permanenti, secondo i metodi di prova indicati nella UNI EN 12899-1. Le prove sono le seguenti:

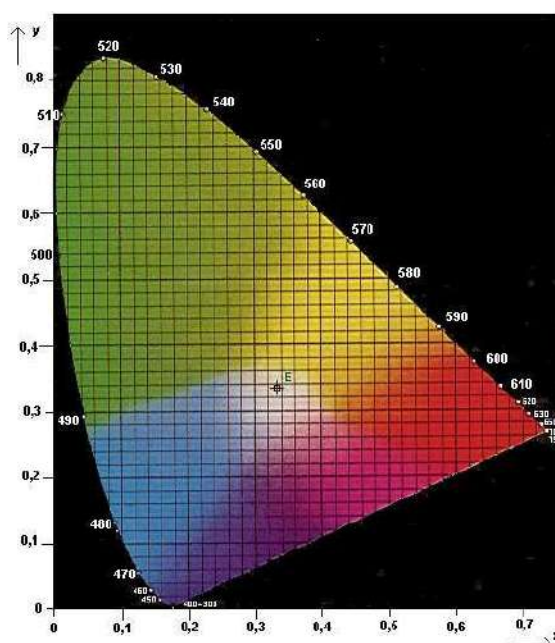
- - verifica delle Coordinate cromatiche x,y;
- - verifica del Fattore di luminanza;
- - verifica del Coefficiente di retroriflessione RA;
- - verifica della durabilità con la prova di invecchiamento naturale o accelerato artificiale (quando la DL lo reputi necessario e in funzione dell'entità della fornitura);
- - verifica della resistenza all'impatto.

Prove di laboratorio sulle pellicole retroriflettenti

a) Verifica delle coordinate cromatiche e del fattore di luminanza

Le coordinate cromatiche ed il fattore di luminanza dei materiali che utilizzano la tecnologia a microsfere di vetro devono essere misurate in conformità alle procedure contenute nel documento CIE 15. Le misure devono essere eseguite con l'illuminante normalizzato D65 e con geometria di misura 45/0.

Figura 4 – Diagramma cromatico CIE 1931





b) Verifica del coefficiente di retroriflessione R_A

Il coefficiente di retroriflessione deve essere misurato in base alla procedura indicata nel documento CIE 54.2, utilizzando l'illuminante normalizzato CIE A. Il coefficiente di retroriflessione (R_A) di tutti i colori stampati, eccetto il bianco, non deve essere minore del 70% dei valori riportati nel prospetto 3 o nel prospetto 4 della UNI EN 12899-1, rispettivamente per i segnali di classe RA1 e RA2.

c) Verifica della durabilità

Campioni di materiale devono essere esposti, inclinati orizzontalmente con un angolo di 45° e rivolti in direzione dell'equatore per tre anni. La prova è conforme al metodo A della ISO 877. Al termine della prova le coordinate cromatiche e il fattore di luminanza devono essere conformi ai requisiti prescritti per le prestazioni visive della pellicola retroriflettente. Quando sottoposte alla misura del R_A con un angolo di osservazione di $20'$ e ad angoli di illuminazione di 5° e 30° , il coefficiente di retroriflessione non deve essere inferiore dell'80% per i valori indicati nei prospetti 3 e 4 della norma UNI EN 12899-1.

d) Verifica della resistenza all'impatto

Quando sottoposto a prova in conformità alla EN ISO 6272, utilizzando una massa di 450 g con un raggio di contatto di 50 mm, non si deve verificare alcuna incrinatura della pellicola della faccia a vista né alcuna delaminazione della stessa, fuori da un cerchio con raggio di 6 mm, dal centro del punto d'impatto. Il segnale da sottoporre a prova deve essere sostenuto come lo sarebbe quando installato oppure, il campione deve essere sostenuto in uno spazio aperto di (100 x 100) mm.

Pellicole microprismatiche

In merito alle prestazioni dei materiali retroriflettenti che utilizzano la tecnologia microprismatica, le stesse sono riportate nel Benestare Tecnico Europeo (ETA) di pertinenza. Il fabbricante di segnali deve ottenere le specifiche di prestazione dall'acquirente.

Supporti in lamiera di ferro o di alluminio

Analogamente alle pellicole realizzate con tecnologia a microsferiche, che devono seguire un iter di verifiche preventive e controlli in produzione prima di essere immessi sul mercato, con l'ausilio dell'Ente di Certificazione/Organismo Notificato che autorizza il fabbricante ad apporre la marcatura CE, anche i supporti e i sostegni metallici devono seguire lo stesso iter indicato dalle UNI EN 12899-1, UNI EN 12899-4 e UNI EN 12899-5.



La certificazione delle prestazioni strutturali è afferente ai sostegni intesi come le strutture che sostengono i pannelli e ai pannelli intesi come sistema che comprende i supporti, gli elementi di rinforzo e i fissaggi dei segnali stradali verticali permanenti, di cui ai vari prospetti ZA riportati nella UNI EN 12899-1.

Prove in situ sulle pellicole retroriflettenti

Verifiche in situ delle prestazioni della segnaletica verticale

Le caratteristiche prestazionali della segnaletica verticale possono essere verificate anche in situ attraverso analisi puntuali rilevate con strumenti portatili.

In particolare, in funzione delle tipologie di pellicole applicate, saranno rilevati i seguenti parametri: Coefficiente di retroriflessione " R_A "; Coordinate cromatiche " x,y "; Fattore di luminanza " β "; spessore della pellicola; materiale del supporto; spessore del supporto; spessore dello strato protettivo del segnale; materiale del sostegno; spessore dello strato protettivo del sostegno; verifica della stabilità dei fissaggi; verifica della presenza, sul retro del segnale, delle iscrizioni prescritte dall'art. 77, comma 7, del DPR n. 495/92; infine, nei casi di sostegni a sezione circolare, si deve verificare la presenza del dispositivo inamovibile antirotazione del segnale rispetto al sostegno e del sostegno rispetto al terreno (art. 82, comma 2, DPR n. 495/92).

Sarà cura del DL individuare il numero e la tipologia di segnali da sottoporre alle predette analisi. Il campione di segnali in cui saranno eseguiti i predetti rilievi dovrà essere rappresentativo del lotto/partita fornita e installata. I singoli segnali, oltre ad essere individuati in funzione della data di installazione, della tipologia di pellicola, della tipologia di supporto, della categoria (pericolo, prescrizione, indicazione), delle dimensioni, del formato (grande, piccolo, ridotto, normale, diverso, composito), della figura, del numero di strada, della progressiva chilometrica e della posizione sulla carreggiata, saranno identificati anche con le coordinate GPS.

12.13 CARATTERISTICHE TECNICHE E PRESTAZIONI PER I SUPPORTI

La presente nota tecnica riporta le indicazioni della "*Linea Guida per la realizzazione e fornitura di segnaletica verticale*" dell'Associazione (*Assosegnaletica*) che riunisce i produttori di segnaletica verticale e orizzontale aderenti ad **ANIMA** (Federazione di categoria che rappresenta in ambito Confindustria l'Industria Nazionale della *Meccanica Varia ed Affine*). La pubblicazione offre un quadro esaustivo delle informazioni tecniche che caratterizzano la segnaletica stradale verticale, ed è indirizzata alle Pubbliche Amministrazioni - in qualità di enti proprietari delle strade e responsabili della manutenzione delle infrastrutture - ed a tutti quei soggetti che si trovano nella necessità di



approvvigionarsi, installare o fornire questo tipo di segnaletica. La nota corrisponde al paragrafo 4.1 della Linea Guida.

12.13.1 I materiali

I supporti metallici devono essere realizzati in lamiera di alluminio con un titolo di purezza non inferiore al 99,5% e uno strato di cottura semicrudo, denominazione UNI EN 573-3:1996 - *"Alluminio e leghe di alluminio. Composizione chimica e forma dei prodotti semilavorati. Composizione chimica"* e UNI EN 485-2:2004 - *"Alluminio e leghe di alluminio. Lamiere, nastri e piastre - Parte 2: caratteristiche meccaniche"* (1050 A - H/24 o H14).

Gli stessi possono essere realizzati anche in lamiera di ferro, tipo FE P01 MA per stampaggio, con caratteristiche fisiche, forma e tolleranze dimensionali stabilite nella norma UNI EN 10131:1993 - *"Prodotti piani laminati a freddo, non rivestiti, di acciaio a basso tenore di carbonio e di acciaio ad alto limite di snervamento, per imbutitura e piegamento a freddo. Tolleranze dimensionali e di forma"* e UNI EN 10130:2000 *"Prodotti piani laminati a freddo, di acciaio a basso tenore di carbonio per imbutitura o piegamento a freddo - Condizioni tecniche di fornitura"*.

12.13.2 Spessori minimi

Indipendentemente dalle caratteristiche prestazionali, i supporti devono avere i seguenti spessori minimi:

- fino a 3mq di superficie:

- Alluminio 25/10
- Ferro 10/10

- oltre 3 mq di superficie:

- Alluminio 30/10
- Ferro 10/10

12.13.3 Tolleranze degli spessori

In funzione della larghezza della lamiera, devono essere rispettate le norme UNI EN 485-4:1996 - *"Alluminio e leghe di alluminio. Lamiere, nastri e piastre. Tolleranze dimensionali e di forma dei prodotti laminati a freddo"* e sia per le leghe di alluminio che laminati di leghe di alluminio e UNI EN 10131:1993 - *"Prodotti piani laminati a freddo, non rivestiti, di acciaio a basso tenore di carbonio e di acciaio ad alto limite di snervamento, per imbutitura e piegamento a freddo. Tolleranze dimensionali e di forma"*. Devono necessariamente essere rispettate le tolleranze previste al pun-



to 2.2; tali tolleranze previste dovranno essere solo positive ossia uguali o maggiori di 0 (in deroga a quanto previsto dalla normativa UNI EN 485-4:1996 e UNI EN 10131:1993).

12.13.4 Dimensioni e tolleranze

Le dimensioni dei segnali verticali di forma standard devono essere conformi a quanto previsto dall'art. 80, comma 1 del D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495. Le dimensioni dei segnali verticali non standard devono essere conformi a quanto previsto dall'art. 80, comma 7 del sopramenzionato D.P.R.. La massima tolleranza ammissibile sulla misura utile della faccia del segnale deve essere:

- di 8 mm per i segnali con lato inferiore ai 900 mm di lato
- dell'1% per tutti i prodotti contemplati nel presente paragrafo di dimensione superiore ai 900 mm di lato.

12.13.5 Bordi de supporti

I supporti, siano essi realizzati in alluminio oppure in ferro, devono avere un bordo di tipo E2, secondo la classificazione riportata nella norma UNI EN 12899-1; tali bordi, che non devono avere soluzione di continuità, (fatti salvi i segnali composti, nei punti di giunzione), devono avere le seguenti dimensioni minime:

- Supporti fino a 3 mq: 15 mm
- Supporti superiori a 3 mq: 20 mm
- La tolleranza accettata è: +/- 2 mm

Il raggio di curvatura dovrà essere realizzato nel rispetto della norma UNI-EN 12899-1 ovvero:

- $R \geq 10$ mm supporti inferiore a 3 m²
- $R \geq 40$ mm supporti superiore a 3 m²
- Tolleranza +/- 2 mm

Per motivi antinfortunistici il bordo del supporto non deve presentare pericoli di taglio.

12.13.6 Colore dei supporti e prove di controllo delle caratteristiche

Il produttore garantirà la rispondenza del colore alla scala RAL 7016 ed inoltre le seguenti caratteristiche:

- **spessore del rivestimento protettivo:** pari ad un minimo di 40 micron sulla superficie anteriore e 60 micron sulla superficie posteriore;



- **adesione della vernice al supporto:** UNI EN 9240:2000 (*Mobili. Determinazione dell'adesione delle finiture al supporto mediante prova di strappo*) i valori dello sforzo allo strappo sono compresi tra 1 e 1,5 N invecchiati ed i 4 e 4,5 N per i supporti nuovi e UNI EN 2409:1996 (*Prodotti vernicianti. Prova di quadrettatura*);
- **elasticità dello stato della vernice:** UNI EN 1519:1998 (*Prodotti vernicianti. Prova di piegamento (mandrino cilindrico)*). Resistenza della vernice alla screpolatura e al distacco quando sottoposto a piegamento su mandrino. Screpolature formate dopo ripetute piegature del provino con mandrini diametro 5,5 mm sui supporti nuovi e 8 mm sui vecchi denotano buona elasticità;
- **durezza dello stato di verniciatura:** UNI EN 9395:2000 (Prodotti vernicianti. Prova di resistenza alla rigatura (metodo della penna)). Valori H – 2H;
- **resistenza all'impatto:** UNI EN 8901:2000 (*Prodotti vernicianti. Determinazione della resistenza all'urto*). Nessun distacco del rivestimento fino alla caduta di un peso di kg 0,9 da 30/60/90 cm di altezza;
- **resistenza alla corrosione:** UNI EN 9590:1990 (Prodotti vernicianti. Prova accelerata di laboratorio per la valutazione della corrosione sottopellicolare a bolle di supporti ferrosi verniciati (Scab corrosion) o UNI ISO 9227:1993 (Prove di corrosione in atmosfere artificiali. Prove in nebbia salina). Su alluminio nessuna ossidazione dopo 500 ore e su ferro ossidazione pellicolare max 0,5 mm;
- **prova del ciclo di umidità:** UNI 8744:1986 (Prodotti vernicianti. Prova di resistenza anticorrosione in camera umidostatica al 100% di umidità relativa);
- **resistenza al colpo di pietra (gravellometro):** concentra il colpo di pietra su una superficie minore rispetto alla prova di resistenza all'impatto. Proietta graniglia metallica ad alta pressione contro il supporto verniciato. Sottoposto a condizionamento in nebbia salina per 96 ore, asciugatura e nuova proiezione di graniglia (da quantificare);
- **gloss (unità di misura della brillantezza):** UNI EN 2813:2001 (*Prodotti vernicianti. Determinazione della brillantezza speculare di film di pittura non metallizzata a 20°, 60° e 85°*). Il risultato minimo accettabile è compreso tra 55 e 60 gloss.
- **prove di imbutitura:** UNI EN ISO 20482:2004 (*Materiali metallici – lamiere e nastri - prova di imbutitura Erichsen*). Si intende la profondità espressa in millimetri necessaria al punzone per fare apparire un'incrinatura che interessi tutto lo spessore del provino.
- - Acciaio nuovo: i.e. = 10,25
- - Acciaio invecchiato: i.e.= 10,70
- - Alluminio nuovo: i.e. = 12,65



- - Alluminio invecchiato: i.e. 11,65
- • resistenza all'abrasione (con abrasimetro Taber - UNI EN 15185 (non incluso nella nota))

12.13.7 Canaletta e rinforzi

La canaletta semplice deve avere al minimo quattro punti di saldatura se realizzati in alluminio e 6 punti se in ferro.

12.13.7.1 Canaletta semplice

Elemento a forma di omega, stampato, realizzato con asolature ed intagli che permettano l'ancoraggio a tutte le tipologie di sostegni, con tutte le controstaffe da 1 a più bulloni e dovrà essere realizzata per velocizzare il montaggio con un sistema tale da permettere la non rotazione del bullone standard da mm 8 testa mm 13; la canaletta deve avere altezza tale da permettere l'ancoraggio al sostegno senza intaccare il bordo del segnale; lo sviluppo minimo della canaletta semplice dovrà essere in lunghezza di mm 145 e larghezza mm 66 per alluminio e ferro con spessore di:

- • Alluminio: minimo 20/10
- • Ferro: minimo 10/10

12.13.7.2 Rinforzo semplice

Tale rinforzo dovrà:

- avere un'altezza che permetta l'ancoraggio al sostegno senza intaccare il bordo del segnale;
 - • impedire mediante appositi accessori la rotazione dei bulloni di almeno mm 8 con testa da 13 mm;
 - • per motivi antinfortunistici i punti di tranciatura o intaglio non devono presentare pericoli di taglio;
 - • per sicurezza il rinforzo semplice dovrà essere dotato di un sistema che impedisca dopo l'installazione lo scorrimento orizzontale. Elemento a doppia piega con funzione di permettere l'ancoraggio del supporto segnaletico; il rinforzo dovrà inoltre conferire rigidità al supporto segnaletico e per una facilità di montaggio il rinforzo semplice non dovrà avere interassi fissi e l'installazione dovrà essere libera mediante scorrimento per almeno l'85% della lunghezza complessiva della base del segnale (fatta eccezione per dischi, triangoli, ottagoni e frecce). I punti di adesione del rinforzo con la superficie del supporto devono essere a non più di 30 mm dal bordo del rinforzo e ripetuti ogni 160 mm, come requisito minimo.



12.13.7.3 Rinforzo speciale

Tale rinforzo dovr:

- avere un'altezza che permetta l'ancoraggio al sostegno senza intaccare il bordo del segnale;
- impedire mediante appositi accessori la rotazione dei bulloni da 10 mm con testa da 17 mm;
- per motivi antinfortunistici i punti di tranciatura o intaglio non devono presentare pericoli di taglio;
- per sicurezza il rinforzo speciale dovr essere dotato di un sistema che impedisca dopo l'installazione lo scorrimento orizzontale;
- il rinforzo speciale si differenzia dalla traversa di giunzione solo dalle asolature laterali atte al fissaggio della traversa stessa con apposito accessorio. Il rinforzo speciale ha lo scopo di permettere l'ancoraggio del supporto segnaletico alla traversa di giunzione e da questi al sostegno (palo). Inoltre per facilit di montaggio il rinforzo speciale e la traversa non dovranno avere interassi fissi, dovr essere libera l'installazione mediante scorrimento per almeno l'85% della lunghezza del singolo segnale. Come requisito minimo i punti di adesione del rinforzo con la superficie del supporto devono essere a non pi di 30 mm dal bordo del rinforzo e ripetuti ogni 160 mm.

12.13.7.4 Spessori di canalette e rinforzi

- Gli spessori di canalette e rinforzi in funzione dei materiali ovvero del peso per unit di lunghezza sono i seguenti:
- **Canaletta:** alluminio 20/10 - ferro 10/10
- **Rinforzo semplice:** alluminio 25/10 kg. 0,60 m lineare ferro 10/10 kg. 0,70 m lineare
- **Rinforzo speciale:** alluminio 25/10 kg. 0,84 m lineare

Per le relative tolleranze si veda il paragrafo "Tolleranze degli spessori"

12.13.8 Costruzione dei segnali da assemblare in pi pezzi

La misura massima di un cartello realizzato in pezzo unico deve essere di 3.000 mm x 1.500 mm. Tenendo conto della dimensione di riferimento suddetta, il segnale dovr essere costruito in pi pezzi nel rispetto del numero minimo di elementi assemblabili. Nei casi in cui entrambe le misure superino i 3.000 mm le parti assemblate dei segnali non potranno essere tutte di uguale dimen-



sione e non vi potranno essere più di 2 tipi di misure differenti nella composizione dello stesso. I punti di giunzione nei segnali assemblati non dovranno essere superiori al numero di 3. Per tutti i segnali in più pezzi è consigliata la giunzione orizzontale fino a supporti con base inferiore o uguale a m 3,00. È obbligatoria la giunzione verticale in tutti i cartelli ad utilizzo autostradale. Per tutti i cartelli aventi giunzione verticale è obbligatorio montare le traverse di giunzione. Per permettere un accoppiamento perfetto dei singoli pezzi, l'angolare dovrà essere applicato al segnale in modo da avere una sporgenza interna ed una esterna rispetto al bordo, lasciando tra le due misure un minimo di tiraggio.

12.13.9 Condizioni per l'applicazione delle diverse tipologie di attacchi

Fatti salvi i prodotti previsti all'art. 80 comma 1, tutti gli altri prodotti dovranno rispettare i seguenti sistemi di attacco:

- per misure inferiori o uguali a 200 mm di altezza impiego di due canalette o due rinforzi;
- per misure superiori a 200 mm di altezza impiego di almeno due rinforzi, i quali dovranno essere posizionati con interasse 500 mm e distanza dal bordo max 250 mm.

12.13.10 Caratteristiche prestazionali dei sostegni

Le caratteristiche prestazionali dei sostegni sono descritte nel Paragrafo 11 del presente CSA.

12.13.11 Verifiche prestazionali dei delineatori normali

Il delineatore "supporto o paletto" deve essere realizzato interamente da polietilene ad alta densità, sia nella parte bianca che in quella nera, rendendo solidali tra loro le due parti in modo permanente in modo da ottenere un unico paletto, onde evitare il distacco della parte nera o con attrezzi o in caso di collisione.

Indipendentemente dalla tecnica adottata per la costruzione:

- - la parte di colore bianco deve avere un tenore di **biossido di titanio (TiO₂) almeno del 2%**, realizzata con unico materiale escludendosi operazioni di sovrapposizione di pellicola bianca o altri materiali plastici o verniciatura di colore bianco (art. 6 circ. 13/84 e circ.20/87 ANAS);
- - quella di colore nero dovrà essere realizzata mediante **pigmentazione in massa con nero fumo**, ciò significa che deve essere realizzata con unico materiale e non mediante pellicola nera sovrapposta al bianco o verniciatura di colore nero (art. 6 circ. 13/84 e circ.20/87 ANAS);



- -verifica visiva di quanto prescritto:
- sezionare trasversalmente il delineatore sia nella parte nera che in quella bianca, il materiale sezionato impiegato deve risultare tutto bianco nella parte bianca e tutto nero nella parte nera.

12.14 DELINEATORI – PROVE DI LABORATORIO

1) Coordinate cromatiche x,y della superficie del delineatore (Visibilit  diurna) e fattore di luminanza

Le misurazioni devono essere effettuate su tre delineatori di margine, in conformit  alle procedure specificate nella CIE15, utilizzando l'illuminante normalizzato D65 e alla geometria della CIE 45/0. Il colore deve collocarsi nel box cromatico individuato dalla norma per il colore bianco e il Fattore di luminanza β deve essere $\geq 0,75$.

2) Requisito statico – Carico al vento

La prova si esegue, secondo quanto indicato dalla norma, su tre delineatori nuovi dopo essere stati condizionati ad una temperatura di 23 ± 2 °C per 4 ore. Sottoposti a un carico di prova nella direzione del traffico, non si devono danneggiare e non devono mostrare una deformazione permanente $> 5\%$ dell'altezza sopra la linea del suolo a cui sono stati preventivamente fissati.

3) Requisito materiale – Resistenza all'urto dinamico

La prova si esegue su tre delineatori nuovi dopo essere stati condizionati ad una temperatura di 20 ± 2 °C per 4 ore. Un sistema con un carico a pendolo colpisce il delineatore in direzione parallela rispetto alla strada con una energia d'urto di 150 Nm. A conclusione della prova i delineatori non si devono danneggiare e non devono mostrare una deformazione permanente $> 5\%$ dell'altezza sopra la linea del suolo a cui sono stati preventivamente fissati. La deformazione deve essere misurata dopo 24 ore dall'venuto impatto.

4) Requisito funzionale – Resistenza all'urto dinamico

La prova si esegue su tre delineatori nuovi dopo essere stati condizionati ad una temperatura di 23 ± 2 °C per 4 ore. Un sistema con un carico a pendolo colpisce il delineatore in direzione parallela rispetto alla strada con una energia d'urto di 300 Nm. A conclusione della prova i delineatori non si devono danneggiare e non devono mostrare una deformazione permanente $> 5\%$ dell'altezza sopra la linea del suolo a cui sono stati preventivamente fissati. La deformazione deve essere misurata dopo 24 ore dall'venuto impatto.



5) Requisito con collisione – Resistenza all'urto dinamico

La prova si esegue su delineatori nuovi, installati secondo le istruzioni del fabbricante, aventi una massa di oltre 6 kg. La prova si esegue in impianti specializzati e i risultati espressi in conformità alla UNI EN 12767 (Sicurezza passiva di strutture di sostegno per attrezzature stradali- Requisiti, classificazione e metodi di prova) per le strutture di sostegno non dannose ad una velocità di 70 km/h.

6) Resistenza alla corrosione;

La prova si esegue sulle parti metalliche (*se eventualmente presenti*) di tre delineatori nuovi. Le parti devono essere sottoposte alla prova di nebbia salina neutra ad una temperatura di 35 ± 2 °C per una durata di 240 ore. Al termine della prova i campioni non devono mostrare segni di ruggine, rigonfiamenti o variazioni evidenti rispetto ad un campione non trattato.

7) Invecchiamento naturale.

La prova si esegue su tre delineatori nuovi per un periodo continuo di 2 anni. I delineatori sono inclinati orizzontalmente di 45° e rivolti in direzione dell'equatore. Al termine della prova si misurano le coordinate cromatiche e il fattore di luminanza delle superfici esposte dei delineatori. Successivamente si sottopongono alla prova di resistenza all'urto dinamico. I delineatori devono mantenere le prestazioni visive indicate per i delineatori nuovi e non devono rompersi a seguito delle prove d'urto.

12.14.1 Verifiche prestazionali dei dispositivi rifrangenti

Gli artt. 6 e 8 circ. ANAS n. 13/84, prescrivono che i dispositivi rifrangenti:

- 1)- devono essere costruiti con metacrilato di metile (prima qualità);
- 2)- devono essere realizzati a perfetta tenuta stagna, onde evitare penetrazione di acqua o formazione di condensa alterando i valori di rifrangenza;
- 3)- devono garantire la tenuta stagna realizzando la parte posteriore (fondello bianco) in ABS e saldata ad ultrasuoni all'elemento rifrangente;
- 4)- devono rispettare valori minimi di rifrangenza misurati a specifiche angolazioni;
- 5)- devono essere fissati al delineatore con dispositivi idonei ad impedirne l'asportazione;



- 6) devono essere conformi ai requisiti previsti dalla Norma UNI EN 12899-3 comprovando, con il certificato CE, la conformità dei valori di rifrangenza, la tenuta stagna, l'inalterabilità delle caratteristiche nel tempo (prove di invecchiamento) e le coordinate colorimetriche;
- 7) - devono avere una superficie minima di rifrangenza cm^2 60 (art.173 R.E.).

Tutte le caratteristiche prescritte nella circ. ANAS n. 13/84 e nel R.d.E. devono essere mantenute non solo in fase di approvazione del dispositivo rifrangente ma anche in fase di produzione standard.

Perché sia garantito il rispetto della norma è necessario utilizzare materiali di prima scelta, **escludendo l'impiego di materie riciclate.**

(Nota tecnica - I dispositivi rifrangenti possono essere realizzati con stampi a **prismini**, piuttosto che con stampi elettroformati, i quali sono soggetti ad usura dopo poche centinaia di pezzi prodotti. L'uso degli **stampi a prismini**, permette lo sfogo dei gas che si liberano in fase di stampaggio, evitando che gli stessi gas possano intaccare fisicamente la superficie dello stampo. La produzione con elettroformati non è appropriata in quanto i gas sopra indicati possono provocare danni irreversibili alla superficie prismatica compromettendo la rifrangenza richiesta dalla normativa. Bisogna inoltre considerare che per il settore segnaletico il prisma più idoneo è quello a forma esagonale e non a spigolo cubico. L'uso del prisma esagonale, mantiene inalterate nel tempo le caratteristiche del pezzo stampato, e garantisce che lo stesso raggiunga i valori fotometrici richiesti).

L'art. 173, comma 10, prescrive che in presenza di impedimenti fisici, barriere, muri ecc. i delineatori possono essere sostituiti da elementi rifrangenti fissati ai manufatti aventi le medesime dimensioni e caratteristiche, a condizione che l'altezza da terra degli elementi rifrangenti sia la stessa di quelli inseriti nei delineatori normali. Gli elementi rifrangenti devono essere fissati al supporto mediante attacchi a tasca e/o con sistema che assicuri la inasportabilità.

L'Impresa aggiudicataria deve presentare i campioni di tutti i delineatori certificati CE UNI EN 12899-3, compresi nel progetto o che intende utilizzare, per l'accertamento dei requisiti stabiliti dal presente CSA ed accettazione da parte della Direzione Lavori.

L'ANAS S.p.A. si riserva la facoltà di prelevare, in qualunque momento, dei campioni per sottoporli alle prove previste dal presente CSA e dalle Circolari ANAS nn. 13/84, 36/84 e 20/87. I delineatori



dovranno essere tutti sostituiti a cura e spese dell'Impresa qualora anche uno dei requisiti non rispondesse alle prescrizioni stabilite dal presente CSA e dalle succitate Circolari ANAS.

1 Catadiottri – Prove di Laboratorio

1) Coordinate cromatiche notturne

Le misurazioni devono essere effettuate su cinque dispositivi rifrangenti in conformità alla procedura CIE 54.2 utilizzando l'illuminante CIE A (Articolo 7 CSA NT). La geometria di misurazione prevede un angolo di illuminazione di 20° e un angolo di osservazione di +5°.

2) Coefficiente di retroriflessione RA

Le misurazioni devono essere effettuate su cinque dispositivi rifrangenti in conformità alla procedura CIE 54.2 utilizzando l'illuminante CIE A (Articolo 7 CSA NT).

4) Resistenza all'urto dinamico;

Portare tre dispositivi rifrangenti ad una temperatura di $(-20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ per almeno 4 ore. Posizionarli su una lamiera d'acciaio con uno spessore di 15 mm. Colpire le facce dei dispositivi rifrangenti al centro della superficie retroriflettente (eccetto i fori e le giunzioni), con una sfera d'acciaio del diametro di 20 mm, da una altezza come indicata nel prospetto 8 della norma (200 e 400 mm).

5) Resistenza alla corrosione;

Tre dispositivi rifrangenti devono essere sottoposte alla prova di nebbia salina neutra ad una temperatura di $35 \pm 2 ^\circ\text{C}$ per una durata di 96 ore. Dopo la prova si deve misurare il coefficiente di retroriflessione RA con un angolo di osservazione di 20° e illuminazione di 5°. Il coefficiente non deve essere minore dell'80% dei valori indicati nel prospetto 4 della norma europea

6) Resistenza all'acqua;

Portare tre dispositivi rifrangenti ad una temperatura di $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e con un'umidità relativa pari a $(70 \pm 5) \%$ per almeno 4 h prima di effettuare le prove. Riempire due bicchieri con acqua distillata in modo tale da coprire completamente i tre dispositivi rifrangenti. Riscaldare l'acqua del primo bicchiere ad una temperatura costante di $(60 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Raffreddare l'acqua del secondo bicchiere ad una temperatura costante di $(5 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Immergere completamente i dispositivi rifrangenti nell'acqua riscaldata per 1 h per poi spostarli nell'acqua raffreddata. **Ripetere questo ciclo cinque volte.** Dopo aver completato tutti i cicli di prova, togliere i dispositivi rifrangenti dall'acqua ed asciugarli con un panno. Mettere i prodotti di prova su una piastra riscaldata ad una temperatura



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.24 - Rev.1.0
Segnaletica stradale

tra 30 °C e 40 °C ed esaminarli per 15 min per verificare che non ci siano segni evidenti di penetrazione di acqua. Al termine della prova i dispositivi rifrangenti non devono mostrare alcun segno di penetrazione d'acqua o di vapore acqueo nelle parti ottiche.

7) Durabilità.

La prova si esegue su tre dispositivi rifrangenti nuovi per un periodo continuo di 2 anni. I dispositivi sono inclinati orizzontalmente di 45° e rivolti in direzione dell'equatore. Al termine della prova si misurano le coordinate cromatiche e il fattore di luminanza delle superfici dei dispositivi rifrangenti. Successivamente si sottopongono alla prova di resistenza all'urto dinamico. I dispositivi rifrangenti devono mantenere le prestazioni visive indicate per i dispositivi rifrangenti nuovi e non devono rompersi a seguito delle prove d'urto.

Le Circolari ANAS nn. 13/84, 36/84 e 20/87 possono essere richieste ad ANAS SpA



13 GLOSSARIO

Si riportano le definizioni rilevate dalle varie norme UNI EN pubblicate negli ultimi anni e afferenti la segnaletica stradale orizzontale. Sono incluse anche alcune definizioni rilevate dalla letteratura tecnica del settore.

Aderenza: Caratterizzazione dell'attrito (resistenza al movimento relativo tra due corpi a contatto) di una superficie stradale quando misurato in conformit  ad un metodo di riferimento .

Adesivo: Sostanza utilizzata per legare il materiale preformato per segnaletica orizzontale al supporto, la cui applicazione pu  richiedere l'utilizzo di calore [UNI EN 1790:2013, punto 3.3]

Asportabilit : Caratteristica di un materiale preformato per segnaletica orizzontale in grado di essere rimosso intatto o in grandi pezzi, senza lasciare segni permanenti che potrebbero confondere l'utente della strada nelle diverse condizioni atmosferiche [UNI EN 1790:2013, punto 3.2].

Durata di vita funzionale (di un segnale orizzontale): Periodo durante il quale il segnale orizzontale   rispondente a tutti i requisiti prestazionali inizialmente specificati dalle autorit  stradali competenti [UNI EN 1436:2008, punto 3.5].

Granuli antiderapanti: Granuli duri di origine naturale o artificiale, utilizzati per conferire propriet  antiderapanti alla segnaletica stradale [UNI EN 1423:2012, punto 3.1.2].

Materiale base per segnaletica orizzontale: Vernice (*Pittura-ndr*), materiale termoplastico o materiale plastico a freddo con un'identificazione univoca, che pu  comprendere o meno microsfele di vetro premiscelate [UNI EN 1790:2013, punto 3.4]

Materiale plastico a freddo: Materiale per uso segnaletico fornito come mono-componente o a componenti multipli. Secondo il tipo di sistema i componenti sono miscelati tra loro in varie proporzioni e applicati mediante adeguato applicatore. Forma una pellicola coesiva solo in base a un processo chimico [UNI EN 1871:2002, punto 3.3].

Materiale plastico a freddo preformato per segnaletica orizzontale: Materiale plastico a freddo preformato per segnaletica orizzontale, applicato al supporto con l'utilizzo di un adesivo, mentre



le caratteristiche fotometriche e colorimetriche e di resistenza allo slittamento non si modificano in modo significativo durante l'applicazione. [UNI EN 1790:2013, punto 3.1.2].

Materiale preformato per segnaletica orizzontale: Sistema (o prodotto) per segnaletica orizzontale prodotto in fabbrica, in forma di foglio oppure rotolo, in grado di essere applicato al supporto tramite adesivo, primer, pressione, calore oppure mediante una combinazione di questi metodi [UNI EN 1790:2013, punto 3.1].

Materiale termoplastico: Materiale per uso segnaletico privo di solventi, fornito in blocchi, sotto forma di prodotto granulare o in polvere. È riscaldato fino alla fusione quindi applicata mediante apposito applicatore manuale o meccanico. Raffreddandosi forma una pellicola coesiva [UNI EN 1871:2002, punto 3.2].

Materiale termoplastico preformato per segnaletica orizzontale senza materiali da postspruzzare: Materiale preformato per segnaletica orizzontale contenente microsferi, applicato al supporto riscaldando il materiale fino alla temperatura di fusione e senza l'aggiunta di materiali retroriflettenti e/o antiderapanti durante l'applicazione [UNI EN 1790:2013, punto 3.1.3].

Materiale termoplastico preformato per segnaletica orizzontale con materiali da postspruzzare: Materiale preformato per segnaletica orizzontale costituito da materiale termoplastico, applicato al supporto riscaldando il materiale fino alla temperatura di fusione con l'aggiunta di materiali retroriflettenti e/o antiderapanti durante l'applicazione [UNI EN 1790:2013, punto 3.1.4].

Microsferi di vetro: Particelle sferiche di vetro trasparente utilizzate per consentire la visibilità notturna della segnaletica orizzontale mediante la retroriflessione dei raggi incidenti dei proiettori di un veicolo verso il conducente [UNI EN 1423:2012, punto 3.1.1].

Nastro: Materiale multistrato preformato per segnaletica orizzontale, in grado di adattarsi alla struttura del supporto, al quale può essere applicato un adesivo sensibile alla pressione, e in grado di essere incollato al supporto senza l'ausilio del calore mentre le caratteristiche di resistenza fotometrica e colorimetrica e di resistenza allo slittamento non si modificano in modo significativo durante l'applicazione [UNI EN 1790:2013, punto 3.1.1].



Pittura: Prodotto liquido contenente solidi in sospensione in un solvente organico o in acqua. Può essere fornita come mono-componente o sotto forma di sistema a più componenti. Applicata con pennello, rullo, a spruzzo o mediante qualsiasi altro metodo adeguato produce una pellicola coesiva attraverso il processo di evaporazione del solvente e/o in base a un processo chimico [UNI EN 1871:2002, punto 3.1].

Segnaletica orizzontale profilata (nel senso di segnaletica orizzontale che non consenta la misurazione del fattore di luminanza β e/o del valore SRT): Segnaletica orizzontale con superfici profilate che non dispone di dimensioni e planarità regolari. Questa può essere costituita da motivi, profilature, rilievi casuali o altre caratteristiche [UNI EN 1436:2008, punto 3.6]. In alcuni paesi dell'Unione Europea tale tipo di segnaletica è definita con il termine "*strutturata*".

Segnaletica orizzontale di tipo I e di tipo II: La segnaletica orizzontale di tipo II vanta proprietà specifiche che aumentano la retroriflessione in condizioni di strada bagnata o di pioggia, la segnaletica orizzontale di tipo I non ha necessariamente tali proprietà specifiche [UNI EN 1436:2008, punto 3.7].

Vernice: Prodotto liquido che contiene leganti, solventi e additivi, in cui sono assenti i pigmenti (sostanze insolubili colorate) e le cariche opacizzanti e che, una volta steso, produce una pellicola trasparente o traslucida che lascia intravedere il supporto su cui è applicato.

Tra i principali requisiti prestazionali richiesti dalle norme europee armonizzate, la visibilità diurna e notturna dei vari prodotti e dispositivi segnaletici riveste un ruolo determinante: è il requisito prestazionale che si ripete con maggior frequenza per la caratterizzazione dei vari prodotti come pitture a solvente, prodotti termoplastici, prodotti plastici a freddo, inserti stradali catarifrangenti, pellicole delle varie classi e varie tecnologie utilizzate per la realizzazione della segnaletica orizzontale, dispositivi della segnaletica complementare come i delineatori normali e i dispositivi rifrangenti. Le definizioni dei vari prodotti e dispositivi per la segnaletica stradale sono sviluppate in maniera esaustiva nelle relative schede del CSA, mentre trasversalmente si citano termini e locuzioni afferenti la fotometria e la colorimetria che necessitano di una coerente e rigorosa definizione per completare il quadro descritto inerente al "sistema segnaletico" installato o da installare nelle strade dello Stato e le prestazioni richieste dal committente .



Le definizioni e le sigle dei principali termini relativi alle nozioni e alle grandezze fotometriche e colorimetriche sono rilevabili nella pubblicazione CIE No. 17.4 "Vocabulaire International de l'Eclairage" e suoi aggiornamenti.

CIE: Commission Internationale de l'Eclairage. E' la Commissione internazionale per l'illuminazione che ha sede in Austria, a Vienna. E' un'organizzazione internazionale tecnica, scientifica, culturale, senza scopo di lucro, che ha come finalità la crescita delle conoscenze e lo scambio d'informazioni tra i paesi membri di tutte le questioni che si riferiscono alla scienza e all'arte dell'illuminazione. La CIE è riconosciuta dall'ISO (International Organisation for Standardization) come organismo di standardizzazione internazionale e dal CEN (Comité Européen de Normalisation) come organismo scientifico primario di riferimento.

Flusso luminoso (Φ) - Grandezza derivata dal flusso energetico Φ_e attraverso la valutazione dell'irraggiamento secondo la sua azione sull'osservatore di riferimento fotometrico CIE.

Per la visione fotopica:

$$\Phi = Km \int_0^{\infty} \frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda$$

dove:

$(d\Phi_e(\lambda) / d\lambda)$ = ripartizione spettrale energetica;

$V(\lambda)$ = è l'efficacia luminosa relativa spettrale;

Km = è l'efficacia luminosa spettrale massima uguale a 683 lumen/watt in visione fotopica.

L'unità di flusso luminoso è il lumen.

Unità: lm

Candela (cd) "La candela è l'intensità luminosa, in una direzione data, di una sorgente che emette irraggiamento monocromatico che ha una frequenza di $540 \cdot 10^{12}$ Hz e la cui intensità energetica nella direzione data è pari a 1/683 watt per steradiante (sr)".

1 cd = 1 lm / sr

Intensità luminosa - (di una sorgente in una direzione data) (I) - Quoziente tra il flusso luminoso $d\Phi$ che si propaga dalla sorgente e l'elemento d'angolo solido contenente la direzione data e passante per l'elemento d'angolo solido:

$$I = d\Phi / d\Omega,$$

dove:



$d\Phi$ = rappresenta il flusso luminoso infinitesimo;

$d\Omega$ = rappresenta l'elemento d'angolo solido infinitesimo.

L'unit di intensit luminosa  la candela (cd). Per ragioni storiche la candela  l'unit di base fotometrica.

Unit : cd

Illuminamento (*in un punto di una superficie*) (E) - Quoziente tra il flusso luminoso $d\Phi$ ricevuto da un elemento della superficie contenente il punto, e l'area dA dell'elemento di superficie:

$$E = d\Phi / dA$$

L'unit d'illuminazione  il lux (lx) (*Grandezza scalare*).

$$\text{Unit : lx} = \text{lm/m}^2$$

Luminanza (*in una direzione data e in un punto dato di una superficie*) (L) - Quoziente tra l'intensit luminosa nella direzione assegnata e l'area entro cui  compresa l'emissione del flusso. Nel caso in cui l'asse d'osservazione coincide con la normale all'area che emette o riflette il flusso, il coseno dell'angolo α  uguale ad 1.

La luminanza  definita dalla formula:

$$L = d\Phi / dA * \cos\theta * d\Omega$$

dove:

$d\Phi$ = flusso luminoso trasmesso o rinvio attraverso un fascio elementare e passante per il punto dato che si propaga nell'angolo solido $d\Omega$ contenente la direzione data;

dA =  l'area di una sezione del flusso nel punto dato;

θ = l'angolo con la normale alla detta sezione e la direzione del flusso.

L'unit di luminanza si esprime in $\text{cd} * \text{m}^{-2}$ (*grandezza vettoriale*).

$$\text{Unit : cd / m}^2$$

Valore riflettometrico (R) - Valore misurato per mezzo di un retroriflettometro particolare.

Nota: Il retroriflettometro impiegato dovr essere specificato. Il valore retroriflettometrico misurato dipende dalle caratteristiche geometriche del retroriflettometro, dall'illuminante, dalla sensibilit spettrale del recettore (tenuto conto anche degli eventuali filtri) e dal campione di riferimento utilizzato.

Coefficiente di intensit luminosa (*misura utilizzata per qualificare i retroriflettori puntuali*) (R) - Quoziente dell'intensit luminosa I di un retroriflettore nella direzione di osservazione, con l'illuminamento E_{\perp} ricevuto per il piano passante per il centro del retroriflettore e perpendicolare alla direzione della luce incidente.



$$R = I / E_{\perp}$$

Unità di misura: cd/lx

Coefficiente di retroriflessione (*Coefficiente areico di intensità luminosa - relativo ad una sorgente piana retroriflettente - ad es. una pellicola*) (R')- Quoziente tra il coefficiente di intensità luminosa (R) di una superficie retroriflettente e la sua area A .

$$R' = R/A = (I/E_{\perp})/A$$

Unità di misura: cd / lx * m²

Nota : questa grandezza è particolarmente utile nel caso di materiale retroriflettente in fogli.

Coefficiente di luminanza (*su un elemento di superficie, in una data direzione, in determinate condizioni di illuminazione*) ($q_v ; q$) - Rapporto tra la luminanza dell'elemento di superficie in una determinata direzione e l'illuminamento dello stesso.

$$q = L / E$$

Unità di misura: sr⁻¹

Coefficiente di luminanza retroriflessa (Coefficiente di luminanza per riflessione catadiottrica - misura relativa ad una superficie piana orizzontale retroriflettente) (R_L)- Quoziente tra la luminanza L della superficie retroriflettente nella direzione di osservazione, e l'illuminamento ricevuto attraverso un piano passante per il centro del retroriflettore e perpendicolare alla direzione della luce incidente.

$$R_L = L / E_{\perp} = (cd/m^2)/lx$$

Unità di misura: cd / m² * lx

Coefficiente di luminanza in condizioni di illuminazione diffusa (Q_d)- Quoziente tra la luminanza L dell'area di misurazione in condizioni di illuminazione diffusa e l'illuminazione sul piano dell'area di misurazione.

$$Q_d = L / E = (cd/m^2)/lx$$

Unità di misura: cd / m² * lx

Riflessione catadiottrica (*Retroriflessione*) - Riflessione caratterizzata per il rinvio dei raggi luminosi nella direzione opposta alla direzione di provenienza: questa proprietà è conservata per considerevoli variazioni della direzione dei raggi incidenti.

Catadiottro - (Retroriflettore)

Superficie o dispositivo a partire dal quale la gran parte dei raggi luminosi riflessi sono retroriflessi.



Illuminazione diffusa - Illuminazione realizzata in modo tale che la luce che arriva sul piano utile o su un oggetto non proviene da una direzione predeterminata.

Fattore di riflessione (ρ) - Rapporto tra il flusso luminoso incidente e quello riflesso nelle condizioni date.

Fattore di luminanza (β) - Rapporto tra la luminanza di un elemento di superficie nella direzione data e quella di un diffusore perfetto illuminato nelle stesse condizioni.

Sussiste la relazione: $\beta = L_v / L_v, n = Y / 100$

dove

L_v = luminanza del colore considerato;

L_v, n = luminanza del diffusore riflettente ideale illuminato in analoghe condizioni.

Fattore di luminanza percentuale (Y) - Fattore di luminanza β moltiplicato per 100

Visione fotopica - Visione dell'occhio normale quando si è adattato a dei livelli di luminanza di molte candele per metro quadrato.

Nota: i coni sono i principali fotorecettori attivi in visione fotopica.

Visione scotopica - Visione dell'occhio normale quando si è adattato a dei livelli di luminanza inferiore a qualche centesimo di candela per metro quadrato.

Nota: i bastoncelli sono i principali fotorecettori attivi in visione scotopica.

Visione mesopica - Visione intermedia dell'occhio normale tra la visione fotopica e quella scotopica.

Nota: in visione mesopica i coni e i bastoncelli sono attivi.

Illuminanti CIE - Gli illuminanti A, B, C, D65, sono quelli le cui distribuzioni spettrali di energia relativa sono definite dalla CIE. Gli illuminanti sono:

- **A:** rappresenta la radiazione del corpo nero ad una temperatura assoluta di circa 2856 K (gradi kelvin);
- **B:** rappresenta la luce solare diretta con una temperatura prossima a 4874 K (obsoleta);
- **C:** rappresenta la luce media del giorno con una temperatura prossima a 6774 K;
- **D65:** rappresenta la luce del giorno con una temperatura prossima a 6504 K.

Fattore spettrale di visibilità - (Curva del fattore di visibilità relativa $V(\lambda)$)

Rapporto tra il flusso energetico di lunghezza d'onda λ_m e il flusso di una radiazione monocromatica di lunghezza d'onda λ : le due radiazioni producono (nell'osservatore standard - NdR) delle



sensazioni luminose di eguale intensità nelle condizioni fotometriche date e λ_m è scelto affinché il valore massimo del rapporto sia eguale a 1.

$V(\lambda)$ è la funzione che esprime il fattore spettrale di visibilità in visione fotopica;

$V'(\lambda)$ è la funzione che esprime il fattore spettrale di visibilità in visione scotopica.

Sistema tricromatico - Sistema di specificazione degli stimoli di colore attraverso le componenti tricromatiche, basato sulla riproduzione dei colori attraverso miscele additive di tre stimoli colorati di riferimento precedentemente stabiliti.

Componenti tricromatiche - Quantità di tre stimoli dei colori di riferimento che, in un sistema tricromatico dato, sono necessari per riprodurre l'equivalente dello stimolo di colore considerato.

Nota: nel sistema di riferimento colorimetrico CIE, le componenti tricromatiche sono rappresentate con i simboli X, Y e Z (1931).

Coordinate tricromatiche - Rapporto di ciascuna delle tre componenti tricromatiche e la loro somma.

Note:

1 - La somma di tre coordinate tricromatiche è uguale ad 1, due coordinate sono sufficienti per definire un colore.

2 - Nel sistema di riferimento colorimetrico CIE le coordinate tricromatiche sono rappresentate dai simboli x, y e z (1931).

Diagramma colorimetrico - Diagramma piano nel quale i punti definiti attraverso le loro coordinate tricromatiche rappresentano la cromaticità dello stimolo del colore.

Nota: nel sistema di riferimento colorimetrico CIE, si porta abitualmente y in ordinata e x in ascisse per ottenere un diagramma di cromaticità x,y.

Vertici di cromaticità - Coordinate cromatiche dei punti che uniti da segmenti delimitano all'interno del diagramma cromatico un poligono convesso nella cui parte limitata di piano è consentita la variabilità cromatica delle coordinate che individuano il colore.

Angolo visuale - I raggi luminosi provenienti dal mondo esterno formano delle immagini capovolte all'interno del bulbo oculare, sulla superficie sensibile della retina. Nella parte centrale di questa è presente la macchia lutea e all'interno della macchia si trova la fovea, piccola porzione della retina (una fossetta avente un diametro di circa 0.3 mm) in cui si riscontra la maggiore capacità risolutiva, infatti è la zona dove sono addensate il maggior numero di cellule fotosensibili (coni). Il campo visivo che la fovea può abbracciare è di circa 2° .

Osservatore normalizzato CIE 2° - La CIE definì originariamente l'osservatore standard nel 1931 usando un campo visuale di 2° , da cui il nome 2° Osservatore standard (Osservatore che descrive il comportamento della visione foveale). L'osservatore fotometrico CIE è l'osservatore ideale in cui



la curva di sensibilità spettrale (fattore spettrale di sensibilità) è conforme alla funzione $V(\lambda)$ per la visione fotopica e $V'(\lambda)$ per la visione scotopica (845-01-23 – Osservatore fotometrico CIE: Osservatore ideale la cui curva di sensibilità spettrale relativa è conforme alla funzione per la visione fotopica e $V(\lambda)$ per la visione scotopica, e che soddisfa alla legge di addizione implicata nella definizione dei flussi luminosi).

Angolo di osservazione - (Misure di retroriflessione - Parametro fotometrico di un segnale orizzontale illuminato dai proiettori di un veicolo).

Angolo compreso tra la direzione centrale di misurazione (l'osservatore virtuale) e il piano dell'area di misurazione.

Simbolo (EN 1436) : α

Angolo di divergenza - (di un retroriflettore) Angolo compreso tra la direzione di osservazione del retroriflettore e la direzione della luce incidente.

Simbolo : α

Angolo di illuminazione - (Misure di retroriflessione - Parametro fotometrico di un segnale orizzontale illuminato dai proiettori di un veicolo).

Angolo compreso tra la direzione centrale di illuminazione e il piano dell'area di misurazione.

Simbolo (EN 1436) : ϵ

Angolo di illuminazione - (di un retroriflettore) Angolo caratterizzato dalla posizione angolare del retroriflettore in rapporto alla direzione della luce incidente

Nota: per un retroriflettore piano, l'angolo di illuminazione corrisponde generalmente all'angolo d'incidenza.

Simbolo : β

Geometria 45/0 - Per la misura delle proprietà ottiche dei materiali la CIE ha definito le diverse condizioni geometriche con cui operare, infatti la misura della grandezza è in funzione della geometria dello strumento di misura. La norma EN 1436 indica la geometria 45/0 per la determinazione del Fattore di luminanza e delle Coordinate cromatiche. Tale geometria comporta che l'angolo di incidenza del fascio luminoso, rispetto alla normale all'area di misura, è di 45°, mentre l'angolo di osservazione (o di misura o di veduta) è di 0°, coincidendo con la normale alla stessa area di misura.

Tabella 55: Riepilogo delle principali grandezze fotometriche:

Simbolo	Nome	Nome SI	Simbolo	Unità di misura	Note
I	Intensità luminosa	candela	cd	1/sr	sr è il simbolo dell'angolo solido steradiano.



Φ	Flusso luminoso	lumen	lm	$4\pi l$	4π steradiani è la misura dell'angolo solido.
E	Illuminamento	lux	lx	I/r^2 r^2 = quadrato della distanza normale tra la sorgente e la superficie illuminata	(Grandezza scalare)
L	Luminanza	nit	I/A A= Area in m^2	cd/m^2	(Grandezza vettoriale) La misura si effettua lungo la direzione che congiunge la fonte di luce all'osservatore.
		stilb	sb A=Area in cm^2	cd/cm^2	
R	Coefficiente di intensità luminosa		I / E_{\perp}	cd/lx	Determinazione delle caratteristiche fotometriche di dispositivi catadiottrici puntuali (gemme catadiottriche)
R'	Coefficiente di retroriflessione		R/A A= Area in m^2	$cd/lx * m^2$	Determinazione delle caratteristiche fotometriche di dispositivi catadiottrici con superficie estesa disposti verticalmente (pellicole)
RL	Coefficiente di luminanza retroriflessa		L / E_{\perp}	$cd / m^2 * lx$ o $mcd / m^2 * lx$	Determinazione delle caratteristiche fotometriche di dispositivi catadiottrici con superficie estesa disposti orizzontalmente (pitture) con l'illuminante A (visione notturna) e geometria di illuminazione e osservazione data.
q	Coefficiente di luminanza		L / E		
Qd	Coefficiente di luminanza in condizioni di illuminazione diffusa		L / E	$cd / m^2 * lx$ o $mcd / m^2 * lx$	Determinazione delle caratteristiche fotometriche di dispositivi catadiottrici con superficie estesa disposti orizzontalmente (pitture) con l'illuminante D65 (visione diurna - illuminazione diffusa) e geometria di os-



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.24 - Rev.1.0
Segnaletica stradale

					servazione data.
--	--	--	--	--	------------------

Definizioni rilevate dal "Vocabulaire electrotechnique International" Chapitre 845 - Eclairage.
Publication 50(845) - CIE Publication 17.4



Anas S.p.A.

Via Monzambano, 10 - 00185 Roma

www.stradeanas.it



Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO

Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto **Parte 2**

IT.PRL.OM.05.25 - Rev. 1.0

Opere in verde – Nuovo impianto

Redatto da:

Il Progettista

Inserire Nome Cognome

Il Responsabile del Procedimento

Inserire Nome Cognome



Coordinamento Territoriale/Direzione
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.25 - Rev.1.0
Opere in verde – Nuovo impianto

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



SOMMARIO

1	PREMESSA	5
2	MATERIALE VEGETALE	5
2.1	SEMENTI	6
2.2	PIANTE BULBOSE, TUBEROSE E RIZOMATOSE	7
2.3	PIANTE ERBACEE ANNUALI, BIENNALI E PERENNI DA FIORE	8
2.4	PIANTE RAMPICANTI, TAPPEZZANTI, SARMENTOSE E RICADENTI	8
2.5	ARBUSTI, SIEPI E CESPUGLI	8
2.6	ALBERI	9
2.7	TAPPETO ERBOSO IN ZOLLE	14
3	MATERIALE DI CONSUMO	15
3.1	TERRA DI COLTURA	15
3.2	SUBSTRATI DI COLTIVAZIONE	16
3.3	FERTILIZZANTI, CONCIMI, AMMENDANTI, CORRETTIVI, COMPOST	17
3.4	PRODOTTI FITOSANITARI	17
3.5	PALI DI SOSTEGNO, ANCORAGGI E LEGATURE	18
3.6	ACQUA PER IRRIGAZIONE	18
3.7	MATERIALE PER IRRIGAZIONE	18
3.8	MATERIALE DI RIVESTIMENTO SCARPATE: GEORETE, BIOSTUOIE, STUOIE SINTETICHE, ECC	19
4	LAVORAZIONI	19
4.1	FRESATURA E SARCHIATURA	19
4.2	SISTEMAZIONE DELLE SCARPATE	19
4.3	PREPARAZIONE BUCHE E FOSSI	20
4.4	PREPARAZIONE DEL TERRENO PER IMPIANTO DI ALBERI E ARBUSTI	21
4.5	MESSA A DIMORA DI PIANTE A FOGLIA CADUCA FORNITE A RADICE NUDA	22
4.6	MESSA A DIMORA DI PIANTE SEMPREVERDI E RESINOSE	22
4.7	MESSA A DIMORA DI PIANTE TAPPEZZANTI, ERBACEE PERENNI E ANNUALI, RAMPICANTI	22
4.8	TRAPIANTI	22
4.9	PROTEZIONE DELLE PIANTE ESISTENTI DA CONSERVARE	23
4.10	SEMINE	24
4.11	IDROSEMINA	25
4.12	FORMAZIONE DI FASCINATE	26
5	ACCETTAZIONE E CONTROLLI	26
5.1	ACCETTAZIONE	26
5.2	CONTROLLI	27



5.3	LABORATORI ACCREDITATI	27
6	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	27
6.1	NORME GENERALI	27
6.2	CRITERI DI MISURA	28
7	NON CONFORMITÀ E SANZIONI	30
8	MANUTENZIONE DELLE OPERE A VERDE	30
8.1	INIZIO DEGLI INTERVENTI PREVISTI DAL PIANO DI MANTENIMENTO	31
8.2	VERIFICA DEGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE	31
8.3	PRINCIPALI INTERVENTI DI MANUTENZIONE DELLE OPERE A VERDE	31
9	GARANZIA DI ATTECCHIMENTO DELLE PIANTE DI NUOVO IMPIANTO	31
9.1	SOSTITUZIONE DELLE PIANTE	32
9.2	DEPOSITO A GARANZIA O POLIZZA FIDEJUSSORIA	32
10	COLLAUDO	32
11	APPENDICE	33
11.1	INTERVENTI DI MANUTENZIONE DELLE OPERE A VERDE	33



1 PREMESSA

Il presente Capitolato Tecnico si prefigge di regolare le operazioni di realizzazione delle opere a verde sia nel caso in cui l'oggetto dell'appalto sia costituito in maniera specifica ed esclusiva da un'opera a verde, sia nel caso più complesso in cui le opere a verde sono parte complementare di un'opera stradale.

E' comunque indispensabile che il progetto sia sempre corredato da una relazione agronomica che giustifichi le scelte specifiche e varietali e dia conto delle modalità di esecuzione delle operazioni colturali, dei materiali impiegati e di tutto quanto possa influire sull'attecchimento degli elementi vegetali e sulla durata nel tempo dell'opera realizzata.

La relazione agronomica dovrà essere redatta a firma di un professionista abilitato.

Vengono di seguito esposti i contenuti prestazionali e tecnici per le Opere a Verde e descritte le modalità operative e le caratteristiche dei materiali da impiegare.

2 MATERIALE VEGETALE

Il materiale vegetale dovrà provenire da ditte appositamente autorizzate ai sensi delle leggi 18.6.1931 n. 987 e 22.5.1973 n. 269 e successive modificazioni e integrazioni. L'Impresa dovrà dichiararne la provenienza al Direttore Lavori.

Le caratteristiche richieste per il materiale vegetale e di seguito riportate tengono conto anche di quanto definito dallo standard qualitativo adottato dalle normative Europee in materia.

Le piante dovranno essere esenti da residui di fitofarmaci, attacchi di insetti, malattie crittogamiche, virus o altri patogeni, deformazioni e alterazioni di qualsiasi natura che ne possano compromettere il rigoglioso sviluppo vegetativo e/o il portamento tipico della specie.

L'Impresa dovrà far pervenire al Direttore Lavori, con almeno 48 ore di anticipo, comunicazione scritta della data nella quale le piante verranno consegnate al cantiere.

Durante il trasporto di tutto il materiale vegetale, l'Impresa dovrà prendere tutte le precauzioni necessarie affinché questo arrivi sul luogo della sistemazione nelle migliori condizioni possibili, curando che il trasferimento venga effettuato con mezzi, protezioni e modalità di carico idonei. Particolare attenzione sarà posta affinché rami e corteccia non subiscano danni e le zolle non abbiano a frantumarsi o ad essiccarsi a causa dei sobbalzi, dell'eccessiva esposizione o per il peso del carico del materiale soprastante.

Una volta giunte a destinazione, tutte le piante dovranno essere trattate in modo che sia evitato loro ogni danno (meccanico e/o fisiologico); il tempo intercorrente tra il prelievo in vivaio e la messa a dimora definitiva (o la sistemazione in vivaio provvisorio) dovrà essere al max di 48 ore.

Non è consentita la sostituzione di piante che l'Impresa non riuscisse a reperire; ove tuttavia dimostrato che una o più specie non siano reperibili, l'Impresa potrà proporre la sostituzione con piante simili che dovrà essere approvata dalla Direzione Lavori.

Nella messa a dimora delle piante è opportuno considerare le distanze necessarie per far sì che le



stesse non costituiscono ostacolo isolato da proteggere.-

2.1 SEMENTI

L'Impresa dovrà fornire sementi selezionate e rispondenti esattamente a genere, specie e varietà richieste.

L'eventuale mescolanza delle sementi di diverse specie (in particolare per tappeti erbosi) dovrà rispettare le percentuali richieste.

Nella tabella che segue è riportata la composizione di cinque miscugli da impiegare a seconda delle caratteristiche dei terreni e delle particolari condizioni climatiche e/o ambientali.

Tabella 1: **Miscuglio di sementi utilizzabili**

Specie	Tipo di Miscuglio				
	A	B	C	D	E
Kg di seme per ettaro					
Lolium Italicum	-	38	23	50	-
Lolium Perenne	-	38	23	50	-
Arrhenatherum Elatius	50	-	-	-	33
Dactylis Glomerata	5	42	23	20	-
Trisetum Plavescens	12	8	5	-	-
Festuca Pratensis	-	-	47	33	-
Festuca Rubra	17	12	15	10	-
Festuca Ovina	-	-	-	-	10
Festuca Heterophylla	-	-	-	-	15
Phleum Pratense	-	12	12	20	-
Alopecurus Fratensis	-	20	18	26	-
Cynosurus Cristatus	-	-	-	-	5
Poa Pratensis	5	38	30	7	3
Agrostis Alba	-	10	7	7	-
Antoxanthum odoratum	-	-	-	-	2
Bromus Erectus	-	-	-	-	25
Bromus Inermis	66	-	-	-	20
Trifolium Pratense	13	8	10	7	-
Trifolium Repens	-	12	7	-	-
Trifolium Hybridum	-	-	-	10	-
Medicago Lupulina	5	-	-	-	10
Onobrychis Sativa	-	-	-	-	67
Antillis Vulneraria	17	-	-	-	5
Lotus Corniculatus	10	-	3	10	5
Sommano Kg	200	200	200	200	200



Di seguito si riporta lo schema della compatibilità dei miscugli con i vari tipi di terreno.

Tabella 2: Associazione della tipologia dei miscugli alle caratteristiche dei terreni

Tipo di Miscuglio	Caratteristiche dei Terreni
Miscuglio A	Terreni di natura calcarea, piuttosto sciolti, anche con scheletro grossolano;
Miscuglio B	Terreni di medio impasto, tendenti al leggero, fertili;
Miscuglio C	Terreni di medio impasto, argillo-silicei, fertili;
Miscuglio D	Terreni pesanti, argillosi, piuttosto freschi
Miscuglio E	Terreni di medio impasto, in clima caldo e secco

Tutto il materiale di cui sopra dovrà essere fornito in contenitori sigillati e muniti della certificazione del CRA-SCS (Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura - Centro di sperimentazione e certificazione delle sementi) ex E.N.S.E. (Ente Nazionale Sementi Elette).

Per evitare che possano alterarsi o deteriorarsi le sementi dovranno essere immagazzinate in locali freschi e privi di umidità.



larghezza: 69 mm
altezza: 112 mm

2.2 PIANTE BULBOSE, TUBEROSE E RIZOMATOSE

Le piante che saranno consegnate sotto forma di bulbi o di tuberi dovranno essere sempre della dimensione richiesta (diametro o circonferenza), mentre quelle sotto forma di rizoma dovranno presentare almeno tre gemme. I bulbi, i tuberi e i rizomi dovranno essere sani, turgidi, ben conservati ed in stasi vegetativa.



- **F.02.003.a** Fornitura e piantagione di piantine con rizomi

2.3 PIANTE ERBACEE ANNUALI, BIENNALI E PERENNI DA FIORE

Le piante erbacee, annuali, biennali e perenni, dovranno essere sempre fornite nel contenitore in cui sono state coltivate ed essere idonee alla realizzazione di decori a mosaicoltura di pronto effetto. Tutto il materiale consegnato avrà la zolla ben formata all'interno del vasetto di coltivazione evitando piantine lesionate o non sufficientemente radicate.

- **F.02.078** Piante erbacee perenni

2.4 PIANTE RAMPICANTI, TAPPEZZANTI, SARMENTOSE E RICADENTI

Le piante appartenenti a queste specie dovranno avere almeno due forti getti, essere dell'altezza richiesta (dal colletto all'apice vegetativo più lungo) ed essere sempre fornite in zolla o in contenitore.

Le piante tappezzanti dovranno avere portamento basso e/o strisciante (portamento proprio della specie) e buona capacità di copertura, garantita da ramificazioni uniformi.

Il contenitore dovrà essere proporzionato al vigore della pianta; la pianta quindi non dovrà presentare radici avvolgenti né un eccesso di substrato.

- **F.02.042** Piante rampicanti o scendenti
- **F.02.029** *Yuniperus* in varietà a conifere striscianti

2.5 ARBUSTI, SIEPI E CESPUGLI

Arbusti e cespugli, qualunque siano le loro caratteristiche specifiche (a foglia decidua o sempreverdi), anche se riprodotti per via agamica, dovranno avere il portamento tipicamente ascrivibile alla specie di appartenenza, dovranno possedere un minimo di cinque ramificazioni alla base e presentarsi dell'altezza prescritta, proporzionata al diametro della chioma e a quello del fusto. La Direzione Lavori si riserva quindi di rifiutare materiale che si presenti "filato", cresciuto cioè prediligendo l'asse verticale senza o con scarse ramificazioni.

Tutti gli arbusti e i cespugli dovranno essere forniti in contenitore o in zolla. Potranno essere eventualmente consegnati a radice nuda soltanto quelli a foglia decidua, purché di giovane età e di limitate dimensioni.

Il loro apparato radicale dovrà essere ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari. Per le indicazioni riguardanti l'apparato radicale, l'imballo delle zolle, la terra delle zolle e dei contenitori vale quanto esposto nel successivo articolo a proposito degli alberi.

- **F.01.038** Rivestimento di scarpate mediante piantumazione di *Cytisus Scoparius* o *Spartium Junceum* (Ginestra)



- F.02.001 Fornitura e piantagione di piantine di *Hipericum Calicynum* in vasetto
- F.02.003.c Fornitura e piantagione di ginestre in ottimo stato vegetativo
- F.02.006 Ginestre
- F.02.008 Cespugliati
- F.02.018 *Pyracantha Coccinea* a cespuglio
- F.02.019 *Pyracantha Coccinea*
- F.02.023 Cespugli sempreverdi di altezza di metri 1,00/1,20
- F.02.024 Arbusti spoglianti
- F.02.026 *Nerium Oleander* a cespuglio
- F.02.033 *Arbutus Unedo* (Corbezzolo) dell'altezza di metri 1,00/1,20
- F.02.034 *Lavandula Spica*, *Rosmarinus*, ecc. allevate in contenitore
- F.02.035 Arbusti spoglianti o sempreverdi grandi a cespuglio dell'altezza di m 3,00/3,50
- F.02.036 Conifere della varietà *Thuje orientali auree*, *Chamaecyparis* ed essenze similari di altezza di m 1,20/1,50
- F.02.037 *Quercus Ilex* a cespuglio in zolla
- F.02.039 Alberature della varietà *Olea Europea* a cespuglio
- F.02.040 Piantine di *Ligustrum*
- F.02.044 Arredo giardino con essenze varie
- F.02.045 *Cupressus Arizonica* e *Semprevirens*

2.6 ALBERI

Le piante devono essere state allevate per scopo ornamentale, adeguatamente preparate per il trapianto e conformi alle caratteristiche indicate negli elaborati progettuali.

Le piante dovranno corrispondere al genere, specie, varietà, cultivar, portamento, colore del fiore e/o delle foglie richieste: nel caso sia indicata solo la specie si dovrà intendere la varietà o cultivar tipica per la zona, individuata in accordo con la Direzione Lavori.

Le piante dovranno essere esenti da deformazioni, capitozzature, ferite di qualsiasi natura, grosse cicatrici o danni conseguenti a urti, grandine, legature, ustioni da sole, gelo o altro tipo di danno.



Dovranno altresì essere esente da attacchi (in corso o passati) di fitofagi e/o patogeni, prive di deformazioni o alterazioni di qualsiasi natura inclusa la "filatura" (pianta eccessivamente sviluppata verso l'alto).

Le piante dovranno essere state adeguatamente allevate in vivaio con corrette potature di formazione della chioma. Le piante dovranno presentare uno sviluppo sufficiente della vegetazione dell'ultimo anno, sintomo di buone condizioni di allevamento.

Le piante fornite in contenitore devono aver trascorso, nel contenitore di fornitura, almeno una stagione vegetativa e aver sviluppato un apparato radicale abbondante in tutto il volume a disposizione. Non saranno accettate piante con apparato radicale a "spirale" attorno al contenitore o che fuoriesce da esso.

Le piante fornite in zolla dovranno essere ben imballate con un involucro totalmente biodegradabile, rivestito con rete di ferro non zincato a maglia larga. L'apparato radicale dovrà essere ben accestito, ricco di radici secondarie sane e vitali, privo di tagli con diametro superiore a 3 cm. Il terreno che circonda le radici dovrà essere ben aderente e senza crepe.

Le zolle e i contenitori (vasi, mastelli di legno o di plastica, ecc.) dovranno essere proporzionati alle dimensioni delle piante come di seguito riportato:

- 70 cm di diametro per alberi di circonferenza cm 20/25
- 90 cm di diametro per alberi di circonferenza cm 25/30
- 110 cm di diametro per alberi di circonferenza cm 30/40

Gli alberi forniti con zolla dovranno essere stati sottoposti in vivaio a un numero di trapianti come di seguito riportato:

Tabella 3: Numero di trapianti minimi per alberi in zolla

Caducifoglie	circonferenza	cm. 20 25	n. 3 trapianti
Caducifoglie	circonferenza	cm. 30 35	n. 4 trapianti
Sempreverdi	altezza	m. 2 2,5	n. 2 trapianti
Sempreverdi	altezza	m. 3 3,5	n. 3 trapianti
Sempreverdi	altezza	m. 5 6	n. 4 trapianti

Le piante a radice nuda, dovranno essere state estirpate esclusivamente nel periodo di riposo vegetativo (periodo compreso tra la totale perdita di foglie e la schiusura delle prime gemme terminali), e mantenute con i loro apparati radicali sempre adeguatamente coperti in modo da evitarne il disseccamento.

La Direzione Lavori si riserva di esaminare l'apparato radicale per verificare se il materiale vegetale abbia i requisiti richiesti.



Nel caso siano richieste dal progetto piante forestali, queste devono provenire da vivaai specializzati posti il più possibile vicino all'area di impianto e ottenute con seme di provenienza locale.

Le piante da utilizzare nei viali o nei filari dovranno essere uniformi nella dimensione, forma della chioma e portamento.

L'Appaltatore deve comunicare anticipatamente alla Direzione Lavori il vivaio/i di provenienza del materiale vegetale. La Direzione Lavori potrà effettuare, insieme all'Appaltatore, visite ai vivaio/i di provenienza per scegliere le singole piante, riservandosi la facoltà di scartare, a proprio insindacabile giudizio, quelle non rispondenti alle caratteristiche indicate negli elaborati progettuali in quanto non conformi ai requisiti fisiologici, fitosanitari ed estetici richiesti o che non ritenga comunque adatte al lavoro da realizzare.

Per la realizzazione delle opere a verde è necessario prevedere l'utilizzo di specie arboree ed arbustive a basso costo, sia di impianto che di manutenzione, preferibilmente di tipo autoctono. Viene di seguito riportato, a solo titolo indicativo, un elenco delle specie di piante associate alle zone fitoclimatiche definite secondo il metodo "Pavari".



Mapa delle zone fitoclimatiche in Italia

■ Lauretum caldo	■ Fagetum
■ Lauretum freddo	■ Picetum
■ Castanetum	■ Alpinetum



Tabella 4: Specie arboree e arbustive associate alle zone fitoclimatiche

Zona fitoclimatica	Zona geografica	Limite inf. (m s.l.m.)	Limite sup. (m s.l.m.)	Specie
LAURETUM CALDO	Italia centromeridionale Zone costiere	0	600-800	Acer pseudoplatanus (acero montano)
				Pinus halepensis (pino d'Aleppo)
				Pinus pinaster (pino marittimo)
				Pinus pinea (pino domestico)
				Quercus ilex (leccio)
				Eucalyptus sp. (eucalipto)
				Olea Europea (olivo)
				Tilia platyphyllos (tiglio)
				Pinus halepensis (pino d'Aleppo)
				Pinus pinea (pino domestico)
LAURETUM FREDDO	Italia Centromeridionale Zone interne	0	600-800	Pinus pinaster (pino marittimo)
				Quercus ilex (leccio)
				Eucalyptus sp. (eucalipto)
				Cedrus Atlantica



				(cedro dell'atlante)
				Cedrus deodara
				(cedro dell'himalaya)
				Olea Europea
				(olivo)
CASTANETUM	Italia settentrionale	0	800-900	Acer pseudoplatanus
				(acero montano)
				Acer Saccharinum
				(acero saccarino)
				Carpinus betulus
				(carpino bianco)
				Quercus robur
				(farnia)
				Chamaecyparis lawsoniana
				(cipresso di Lawson)
				Cupressociparis leylandii
				(cipresso di Leyland)
				Populus nigra pyramidalis
				(pioppo nero)
				Quercus Robur
(quercia)				
Pinus Nigra/Austiaca				
(pino nero)				
Cedrus Atlantica				
(cedro dell'atlante)				
Cedrus deodara				
(cedro dell'himalaya)				
Tilia Hybrida Argentea				
(tiglio argentato)				
FAGETUM	Italia	800-900	1.000-1.300	Acer pseudoplatanus



	settentrionale			(acero montano) Carpinus betulus (carpino bianco) Fagus Sylvatica (faggio) Pinus Nigra/Austriaca (pino nero) Tilia Hybrida Argentea (tiglio argentato) Picea Abies Excelsa (abete rosso) Pinus Silvestris (pino silvestre)
	Italia centromeridionale	1.000-1.300	2.000	
PINETUM	Italia settentrionale	1.000-1.300	2.000	
ALPINETUM	Italia settentrionale	2.000	Limite della vegetazione	Picea Abies Excelsa (abete rosso)

2.7 TAPPETO ERBOSO IN ZOLLE

Nel caso in cui per esigenze della sistemazione fosse richiesto il rapido inerbimento delle superfici a tappeto erboso ("pronto effetto") oppure si intendesse procedere alla costituzione del tappeto erboso per "propagazione" di essenze stolonifere, l'Impresa dovrà fornire zolle e/o strisce erbose costituite con le specie prative richieste.

Prima di procedere alla fornitura, l'Impresa dovrà sottoporre all'approvazione del Direttore Lavori campioni del materiale che intende fornire; analogamente, fosse richiesta la cotica naturale, l'Impresa dovrà prelevare le zolle soltanto dai luoghi approvati dal Direttore Lavori.

Dovrà essere nota e certificata dal produttore la composizione del miscuglio adottato, la zona di produzione ed il tipo di terreno di coltivazione.

Le zolle erbose, a seconda delle esigenze, delle richieste e delle specie che costituiscono il prato, verranno di norma fornite in forme regolari rettangolari, quadrate o a strisce con 2/4 cm di spessore.

Al fine di non spezzarne la compattezza, le strisce dovranno essere consegnate arrotolate, mentre le zolle dovranno essere fornite su "pallet".

Tutto il materiale, di qualunque tipo sia, al fine di evitare danni irreparabili dovuti alla fermentazione ed alla mancata esposizione alla luce, non dovrà essere lasciato accatastato o arrotolato per più del tempo prescritto dal Direttore dei Lavori in relazione anche alla stagione e all'andamento climatico.

- **F.01.042** Rivestimento di scarpate con tappeto erboso dello spessore medio di cm 50



- **F.01.043** Formazione di prato con tappeto erboso in rotoli

3 MATERIALE DI CONSUMO

Per materiale di consumo si intende tutto il materiale usato negli specifici lavori agrari, forestali, di vivaismo e giardinaggio (es. terreni e substrati di coltivazione, concimi, fitofarmaci, tutori, ecc.), necessario alla corretta esecuzione del servizio.

3.1 TERRA DI COLTURA

Il terreno vegetale dovrà avere caratteristiche fisiche e chimiche atte a garantire un sicuro attecchimento e sviluppo di colture erbacee, arbustive od arboree.

Dovrà risultare di reazione neutra, sufficientemente dotato di sostanza organica e di elementi nutritivi, di medio impasto, privo di pietre, ciottoli, detriti, radici, erbe infestanti.

Dovrà provenire da scotico di terreno a destinazione agraria, fino alla profondità massima di un metro.

Qualora il prelievo venga fatto da terreni non coltivati, la profondità di prelievo dovrà essere contenuta allo strato esplorato dalle radici delle specie erbacee presenti ed in ogni caso non dovrà superare il mezzo metro.

L'impresa prima di effettuare il riporto della terra di coltivo dovrà accertarne la qualità tramite analisi fisico - chimica per sottoporla all'approvazione del Direttore Lavori. Le analisi dovranno essere eseguite, salvo quanto diversamente disposto dal presente Capitolato, secondo i metodi ed i parametri normalizzati di analisi del suolo, pubblicati dalla Società Italiana della Scienza del Suolo (S.I.S.S.).

La terra di coltivo (buon terreno agrario) riportata dovrà essere priva di pietre, rami, radici e loro parti, che possano ostacolare le lavorazioni agronomiche del terreno dopo la posa in opera.

NOTA A titolo indicativo, si riportano di seguito alcune caratteristiche di riferimento di un buon terreno agrario.

- **F.01.001** Terreno Vegetale
- **F.01.003** Fornitura di idoneo terreno agrario per ricarichi della banchina laterale e di quella centrale spartitraffico



Tabella 5: Caratteristiche di riferimento di un buon terreno agrario

scheletro (particelle > 2 mm.)	< 10% in volume
limo	< 40% in volume
argilla	< 20% in volume
pH	compreso fra 6 - 8
conduttività elettrica	< 2.0 mS/cm
sostanza organica	> 2,0% in peso secco
cotico	assente
calcare totale	< 25%
calcare attivo	< 3,5%

La terra di coltivo dovrà essere priva di agenti patogeni, di semi infestanti e di sostanze tossiche per le piante.

3.2 SUBSTRATI DI COLTIVAZIONE

Con substrati di coltivazione si intendono materiali di origine minerale e/o vegetale utilizzati singolarmente o miscelati in proporzioni note per impieghi particolari e per ottenere un ambiente di crescita adatto alle diverse specie che si vogliono mettere a dimora.

Per i substrati imballati le confezioni dovranno riportare quantità, tipo e caratteristiche del contenuto.

In mancanza delle suddette indicazioni sulle confezioni, o nel caso di substrati non confezionati, l'Impresa dovrà fornire, oltre ai dati sopra indicati, i risultati di analisi realizzate a proprie spese, secondo i metodi normalizzati dalla Società Italiana della Scienza del Suolo – S.I.S.S.

I substrati, una volta pronti per l'impiego, dovranno essere omogenei e i componenti distribuiti in proporzioni costanti all'interno della massa ottenuta.

I substrati non confezionati o privi delle indicazioni sopra citate sulla confezione, potranno contenere anche altri componenti, in proporzioni note, tutti chiaramente specificati.

- **F.01.017** Substrati di materiali



3.3 FERTILIZZANTI, CONCIMI, AMMENDANTI, CORRETTIVI, COMPOST

Questi materiali dovranno essere forniti negli involucri originali dotati delle etichette previste indicanti, tra l'altro, il produttore, il paese di provenienza e la composizione chimica secondo quanto previsto dalla legislazione vigente: D.Lgs. 29/04/2006, nr. 217 e s.m.i.

In ogni caso tutti i prodotti sopra riportati dovranno riportare in etichetta il loro utilizzo per le piante ornamentali e i tappeti erbosi.

Le diverse e più comuni tipologie di prodotto sono:

- Concimi: concimi semplici, concimi complessi a lenta cessione o a cessione programmata. In casi particolari possono essere utili concimi specifici con microelementi (Ferro, Manganese, ecc.) in forma chelata. Quando possibile sono da preferire i concimi organici o misto organici.
- Ammendanti derivanti da deiezioni animali: devono derivare unicamente da letami umificati con lettiera di bovino o equino.
- Ammendanti di altro tipo: ad es. derivanti da scarti di animali idrolizzati, ricco di proteine, amminoacidi, acidi umici e fulvici e fosforo.
- Torbe

Può essere utilizzato anche il compost, il cui uso però deve essere comunicato alla Direzione Lavori. In ogni caso il compost deve essere munito di analisi chimico-fisiche che ne attestino la conformità a quanto stabilito dalla legislazione vigente, con particolare riferimento all'assenza di sostanze inquinanti e/o tossiche.

3.4 PRODOTTI FITOSANITARI

In linea con il Decreto 22 Gennaio 2014, di adozione del Piano di azione nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, è opportuno, per quanto possibile, ridurre e/o eliminare l'uso dei prodotti fitosanitari attraverso l'utilizzo di metodi alternativi.

Pertanto sono vietati i prodotti fitosanitari che contengono sostanze classificate per la cancerogenesi, la mutagenesi e la tossicità riproduttiva.

Sono vietati i prodotti fitosanitari che riportano in etichetta frasi di precauzione SPe1, SPe2, SPe3, SPe4 e/o frasi di rischio R40, R42, R43, R45, R60, R61, R62, R63, R64, R68.

E' vietato effettuare trattamenti con insetticidi e acaricidi sulle alberature stradali durante la fase fenologica della fioritura.



3.5 PALI DI SOSTEGNO, ANCORAGGI E LEGATURE

L'Impresa dovrà fornire tutori adeguati per numero, diametro ed altezza alle dimensioni degli alberi e degli arbusti da ancorare.

I pali tutori dovranno essere di Pino silvestre (o altro materiale idoneo allo scopo), diritti, scortecciati, appuntiti dalla parte della estremità di maggiore diametro. La parte appuntita dovrà essere resa imputrescibile per un'altezza di 100 cm circa, in alternativa, si potrà fare uso di pali di legno industrialmente preimpregnati di sostanze imputrescibili.

Analoghe caratteristiche di imputrescibilità dovranno avere anche i picchetti di legno per l'eventuale bloccaggio a terra dei tutori ed ogni legname da usarsi nelle lavorazioni.

Le legature dovranno rendere solidali le piante ai pali di sostegno e agli ancoraggi, pur consentendone l'eventuale assestamento; al fine di non provocare strozzature al tronco, dovranno essere realizzate per mezzo di collari speciali o di adatto materiale elastico (es. cinture di gomma, nastri di plastica, ecc.) mai filo di ferro o altro materiale inestensibile. Per evitare danni alla corteccia, potrà essere necessario interporre, fra tutore e tronco, un cuscinetto antifrizione di adatto materiale.

In alternativa ai pali tutori, su richiesta ed approvazione del Direttore Lavori, dovranno essere utilizzati ancoraggi interrati della zolla, da effettuarsi con appositi kit.

3.6 ACQUA PER IRRIGAZIONE

L'acqua da impiegare per l'irrigazione non dovrà contenere sostanze inquinanti o nocive, dovrà presentare valori di salinità contenuta ($EC < 0,75 \text{ dS/m}$ a 25°C) e pH compreso tra 6 e 7,8.

Le acque con un elevato quantitativo di sostanze in sospensione dovranno essere filtrate opportunamente, per evitare l'intasamento e l'usura degli impianti irrigui.

- **F.03.023** Servizio di innaffiamento mediante autobotte per trasporto acqua
- **F.03.028** Innaffiamento di ogni singola pianta

3.7 MATERIALE PER IRRIGAZIONE

Tutte le parti idrauliche ed elettriche utilizzate nella realizzazione degli impianti irrigui devono essere compatibili tra loro, sia come materiale che come tipologie. Particolare attenzione andrà riposta nella posa in opera dei raccordi idraulici, nel posizionamento degli irrigatori e nell'isolamento dei pozzetti che non dovranno contenere terra o fango sul fondo.

Tutti i materiali dovranno essere muniti delle schede tecniche ed eventuali certificazioni.



3.8 MATERIALE DI RIVESTIMENTO SCARPATE: GEORETE, BIOSTUOIE, STUOIE SINTETICHE, ECC

Per georete si intende una rete di juta fornita in rotoli con lunghezza ed altezza variabile a maglia intrecciata con spessore e grammatura variabile in base allo scopo prefissato.

Per biostuoie si intendono stuoie in fibra vegetale (paglia, cocco, miste) di peso non inferiore a 250 g/mq, supportate da una rete fotossidabile biodegradabile con maglia minima 1x1 cm, eventualmente preseminate.

Per stuoie sintetiche si intendono geostuoie sintetiche tridimensionali in nylon, polipropilene, polietilene e polietilene ad alta densità, di spessore minimo 10 mm.

Tutti i materiali di cui sopra dovranno essere fissati al substrato mediante picchetti di varia forma e tipo adatti allo scopo.

- **F.01.021** Biostuoia antierosione
- **F.03.009** Geostuoia biodegradabile
- **F.03.010** Rivestimento delle scarpate in trincea con grigliato semirigido
- **F.03.021** Biostuoie biodegradabili su scarpate o rilevati
- **F.03.013** Blocchi di rivestimento scarpate in conglomerato cementizio armato

4 LAVORAZIONI

4.1 FRESATURA E SARCHIATURA

La lavorazione potrà avere profondità di lavoro da cm. 5/8 a cm. 15/20. L'intervento dovrà sminuzzare accuratamente il terreno in superficie, anche per assicurare una buona penetrazione delle acque meteoriche.

Potrà essere necessario procedere a una o più passate fino ad ottenere un omogeneo sminuzzamento delle zolle e completa estirpazione delle infestanti.

Intorno agli alberi, arbusti, manufatti recinzioni, siepi, impianti irrigui, il lavoro dovrà ovviamente completarsi a mano.

- **F.01.045** Preparazione del terreno di semina in aiuole, svincoli o altre aree

4.2 SISTEMAZIONE DELLE SCARPATE

Le scarpate in rilevato od in scavo ed in genere tutte le aree destinate a verde, dovranno essere rivestite con manto vegetale appena ultimata la loro sistemazione superficiale.



Eventuali erosioni, solcature, buche od altre imperfezioni dovranno essere riprese con terreno agrario, riprofilando le superfici secondo le pendenze di progetto; dovrà essere curata in modo particolare la conservazione ed eventualmente la sistemazione delle banchine dei rilevati.

Tutte le superfici dovranno presentarsi perfettamente regolari, eliminando anche eventuali tracce di pedonamento.

Il rivestimento di scarpate in rilevato ed in trincea, dovrà essere eseguito mediante semina, rimboschimento o ricopertura con materiali idonei.

Dopo la regolarizzazione e l'eventuale riprofilatura, le scarpate dovranno essere preparate per il rivestimento mediante una erpicatura poco profonda, eseguita con andamento climatico favorevole e con terreno in tempera (40-50 % della capacità totale per l'acqua).

In questa fase, l'Impresa dovrà avere cura di portare a compimento tutte quelle opere di regolazione idraulica prevista in progetto, che rappresentano il presidio e la salvaguardia delle scarpate.

Sulle scarpate in scavo, oltre alla regolarizzazione delle superfici, dovranno eventualmente essere predisposte buche in caso di rimboschimento con semenzali o impianti di talee.

- **F.01.004** Sistemazione del terreno su pendici di scarpate erose
- **F.01.019** Rivestimento di scarpate
- **F.01.033** Rivestimento di scarpata mediante piantagione fino al completo attecchimento

4.3 PREPARAZIONE BUCHE E FOSSI

Prima di effettuare qualsiasi scavo, l'impresa è tenuta ad effettuare le necessarie indagini conoscitive sui sottoservizi. Qualsiasi responsabilità per danni causati sarà a totale carico dell'impresa.

Le buche ed i fossi per la piantagione delle specie vegetali dovranno avere le dimensioni più ampie possibili in rapporto alla grandezza delle piante da mettere a dimora.

In linea di massima le buche devono risultare larghe e profonde almeno una volta e mezzo rispetto alle dimensioni dell'apparato radicale o della zolla.

Nell'apertura di buche di impianto vegetali, è vietato l'uso di trivelle ed è inoltre opportuno smuovere il terreno lungo le pareti e sul fondo per evitare l'effetto vaso.

Per le piante a radice nuda l'accorciamento delle radici deve limitarsi solo all'asporto delle parti danneggiate e non deve essere effettuato per adattare l'apparato radicale al volume di buche troppo piccole.

Per le buche e i fossi che dovranno essere realizzati su un eventuale preesistente tappeto erboso, l'Impresa è tenuta ad adottare tutti gli accorgimenti necessari per contenere al minimo i danni al prato circostante, recuperando lo strato superficiale di terreno per il riempimento delle buche stesse.



Il materiale proveniente dagli scavi, se non riutilizzato o non ritenuto idoneo, dovrà essere allontanato dall'Impresa dalla sede del cantiere e portato alla pubblica discarica.

Nella preparazione delle buche e dei fossi, l'Impresa dovrà assicurarsi che nella zona in cui le piante svilupperanno le radici non ci siano ristagni di umidità e provvedere affinché lo scolo delle acque superficiali avvenga in modo corretto.

Nel caso, invece, fossero riscontrati gravi problemi di ristagno l'Impresa provvederà a predisporre idonei drenaggi.

4.4 PREPARAZIONE DEL TERRENO PER IMPIANTO DI ALBERI E ARBUSTI

La messa a dimora di alberi, arbusti e cespugli dovrà avvenire in relazione alle quote finite, avendo cura che le piante non presentino radici allo scoperto oppure risultino, una volta assestatosi il terreno, interrate oltre il livello del colletto. L'imballo della zolla dovrà essere rimosso. La zolla deve essere integra, sufficientemente umida, aderente alle radici; se si presenta troppo asciutta dovrà essere immersa temporaneamente in acqua con tutto l'imballo. Analogamente si dovrà procedere per le piante fornite in contenitore. Per le piante a radice nuda parte dell'apparato radicale dovrà essere, ove occorra, spuntato alle estremità delle radici, privato di quelle rotte o danneggiate.

Le piante dovranno essere collocate ed orientate in modo da ottenere il miglior risultato estetico e tecnico in relazione agli scopi della sistemazione.

Prima del riempimento definitivo delle buche, gli alberi, gli arbusti ed i cespugli di rilevanti dimensioni dovranno essere resi stabili per mezzo di pali tutori, ancoraggi e legature. L'Impresa procederà poi al riempimento definitivo delle buche con terra di coltivo o substrato, costipando i materiali con cura in modo che non rimangano vuoti attorno alle radici o alla zolla.

Il riempimento delle buche, sia quello parziale prima della piantagione, sia quello definitivo, potrà essere effettuato, a seconda delle necessità, con terra di coltivo semplice oppure miscelata a torba.

Nel caso sia previsto che all'atto dell'impianto venga effettuata una concimazione secondaria localizzata, l'Impresa avrà cura di spargere uniformemente il fertilizzante, indicato dalla Direzione Lavori, attorno e vicino alle radici o alle zolle, in modo da evitare danni per disidratazione causata dall'eccesso di salinità.

A riempimento ultimato, attorno alle piante dovrà essere formata una conca o bacino per la ritenzione dell'acqua da addurre subito dopo in quantità abbondante e prescritta dalla Direzione ai Lavori, onde favorire la ripresa della pianta e facilitare il costipamento e l'assestamento della terra attorno alle radici ed alla zolla.



4.5 MESSA A DIMORA DI PIANTE A FOGLIA CADUCA FORNITE A RADICE NUDA

Le piante a foglia caduca fornite a radice nuda dovranno essere messe a dimora nel periodo adeguato all'attecchimento delle varie specie, generalmente durante il riposo vegetativo. L'eventuale potatura della chioma al momento del trapianto deve essere autorizzata dal Direttore Lavori e dovrà seguire rigorosamente le disposizioni impartite, rispettando il portamento naturale e le caratteristiche specifiche delle singole specie. Nel caso fosse necessario agevolare il trapianto, l'Impresa, su indicazione del Direttore Lavori, irrorerà le piante con prodotti antitraspiranti.

4.6 MESSA A DIMORA DI PIANTE SEMPREVERDI E RESINOSE

Le piante sempreverdi e resinose non devono essere potate al momento della messa a dimora, che avverrà nel periodo adeguato all'attecchimento delle varie specie. Salvo diverse specifiche del Direttore Lavori saranno eliminati soltanto i rami secchi, spezzati o danneggiati. Fatta eccezione per le conifere sempreverdi, in caso di necessità è possibile fare ricorso all'uso di antitraspiranti, secondo le indicazioni del Direttore Lavori.

4.7 MESSA A DIMORA DI PIANTE TAPPEZZANTI, ERBACEE PERENNI E ANNUALI, RAMPICANTI

La messa a dimora delle piante tappezzanti, delle erbacee perenni e annuali, delle rampicanti, delle sarmentose e delle ricadenti, deve essere effettuata in buche preparate al momento, in rapporto al diametro dei contenitori delle singole piante. Se le piante vengono fornite in contenitori tradizionali (vasi di terracotta o di plastica, fitocelle, etc.) questi dovranno essere rimossi; se invece in contenitori di materiale deperibile (torba, pasta di cellulosa compressa, o altro) le piante potranno essere messe a dimora con tutto il vaso. In ogni caso le buche dovranno essere poi colmate con terra di coltivo mista a concime ben pressata intorno alle piante. L'Impresa è tenuta a completare la piantagione delle specie rampicanti, sarmentose e ricadenti, legandone i getti, ove necessario, alle appropriate strutture di sostegno in modo da guidarne lo sviluppo per ottenere i migliori risultati in relazione agli scopi della sistemazione.

4.8 TRAPIANTI

Il trapianto di piante esistenti nelle aree d'intervento avviene in due fasi fondamentali: una fase di espianco ed una fase di impianto.

Il periodo più idoneo per procedere all'espianco corrisponde con la fase del riposo vegetativo delle piante e comunque, secondo le buone pratiche vivaistiche, preferibilmente prima dell'inverno, fanno eccezione le piante sempreverdi, le conifere e alcune piante spoglianti più sensibili (Faggio, Querce, Oleandro, Olivo, Leccio ecc.) che vanno trapiantate alla fine del periodo invernale, immediatamente prima della ripresa vegetativa.



Se possibile e per piante di grandi dimensioni l'espianto andrebbe preceduto da una parziale zollatura preparatoria eseguita negli anni precedenti.

La zolla della pianta espiantata deve avere una dimensione adeguata (vedi punto 2.7), eseguita con macchina operatrice specifica (zollatrice) oppure, per piante di grandi dimensioni, eseguita con escavatore e rifinita a mano e con tagli netti delle radici. Essa dovrà essere avvolta da telo di juta e rete metallica per mantenere compatto l'insieme radici-terreno prima di essere spostata.

Solo se previsto dal progetto o indicato dalla Direzione Lavori all'espianto potrà seguire il ridimensionamento della chioma mediante potatura eseguita con adeguati tagli di ritorno e di diradamento.

Per la fase d'impianto si fa riferimento a quanto indicato negli articoli riferiti alla "Messa a dimora delle piante", esso dovrà comunque avvenire nei tempi più brevi possibili.

Le piante trapiantate dovranno essere considerate alla stregua dei nuovi impianti e seguite con maggiore cura durante tutto il cantiere onde evitare stress idrici o altri danneggiamenti di qualsiasi genere.

4.9 PROTEZIONE DELLE PIANTE ESISTENTI DA CONSERVARE

Le piante che le tavole di progetto indicano da mantenere dovranno essere opportunamente contrassegnate dall'Appaltatore prima dell'inizio lavori. Nel caso di operazioni da eseguirsi con macchine operatrici o attrezzature pesanti nelle vicinanze degli alberi l'Appaltatore dovrà porre la massima attenzione al fine di evitare danneggiamenti al tronco e/o alle branche. Nel caso del protrarsi delle operazioni, o su richiesta della Direzione Lavori, l'Appaltatore dovrà provvedere a realizzare un'apposita protezione per i tronchi con tavole in legno saldamente legate al tronco e di altezza consona allo scopo. Analogamente a quanto previsto per le piante arboree, particolare attenzione dovrà essere posta per non danneggiare gli arbusti e le piante erbacee esistenti e da conservare. In particolare, andrà di norma evitato il calpestamento, dovuto al passaggio dei mezzi meccanici e degli addetti ai lavori, delle zone da salvaguardare nonché il deposito, anche se temporaneo, di materiale pesante e/o "potenzialmente inquinante" sulle stesse. Al fine di non compromettere o danneggiare gli apparati radicali l'Appaltatore dovrà porre particolare attenzione a tutte le operazioni che comportano degli scavi o altre operazioni potenzialmente pericolose nelle vicinanze delle piante da salvaguardare.

A tale scopo si definisce Area di Protezione Radicale (APR) un'area circolare attorno alla pianta da assoggettare a particolare tutela; se non diversamente specificato negli elaborati di progetto la APR corrisponde:

- Per specie con altezza a maturità > 18 m: area circolare di raggio 6 m
- Per specie con altezza a maturità 12-18 m: area circolare di raggio 4 m



- Per specie con altezza a maturità < 12 m: area circolare di raggio 2 m

Nella APR, come sopra definita, sono in generale vietati tutti gli interventi che possono causare deperimento o morte della pianta quali impermeabilizzazione del suolo, passaggio o parcheggio di autoveicoli o mezzi meccanici, deposito di materiali, sversamento di sostanze tossiche o dannose alla pianta (cemento, calce), scavi, sterri e riporti di terreno.

Tutte le operazioni che ricadono all'interno delle APR richiedono la preventiva approvazione da parte della Direzione Lavori.

4.10 SEMINE

Le superfici da rivestire mediante semina, secondo le previsioni di progetto, dovranno essere opportunamente preparate; la concimazione, dovrà essere effettuata in due tempi: all'atto della semina dovranno essere somministrati i concimi fosfatici e potassici; i concimi azotati dovranno essere somministrati a germinazione avvenuta.

Si procederà quindi alla semina di un miscuglio di erbe da prato perenni, con l'impiego di 200 kg di seme per ettaro di superficie.

L'Impresa dovrà comunicare alla Direzione Lavori la data della semina, affinché possano essere fatti i prelievi dei campioni di seme da sottoporre a prova e per il controllo delle lavorazioni.

L'Impresa è libera di effettuare le operazioni di semina in qualsiasi stagione, restando a suo carico le eventuali operazioni di risemina nel caso che la germinazione non avvenisse in modo regolare ed uniforme. La semina dovrà essere effettuata a spaglio a più passate per gruppi di semi di volumi e peso quasi uguali, mescolati fra loro e ciascun miscuglio dovrà risultare il più possibile omogeneo.

Lo spandimento del seme dovrà effettuarsi sempre in giornate senza vento.

La ricopertura del seme dovrà essere fatta mediante rastrelli a mano con erpice a sacco.

Dopo la semina, il terreno dovrà essere rullato e l'operazione dovrà essere ripetuta a germinazione avvenuta.

- F.01.005 Semina in erbe da prato perenni in miscuglio per rinverdimento e consolidamento delle scarpate.
- F.01.007 Seminazione per la creazione di zone a verde, aiuole spartitraffico
- F.01.008 Semina di ginestra eseguita su scarpate
- F.01.024 Semina con procedimento idrobituminoso mediante spargimento del seme
- F.01.035 Semina eseguita con attrezzature a pressione senza collante



- F.01.036 Semina eseguita con attrezzature indicate al numero precedente e con l'impiego di collante

4.11 IDROSEMINA

Dopo che le superfici da rivestire saranno state preparate come descritto in precedenza, l'Impresa procederà al rivestimento mediante idrosemina, impiegando una speciale attrezzatura in grado di effettuare la proiezione a pressione di una miscela di seme, fertilizzante, collante ed acqua.

Tale attrezzatura, composta essenzialmente da un gruppo meccanico erogante, da un miscelatore-agitatore, da pompe, raccordi, manichette, lance, ecc., dovrà essere in grado di effettuare l'idrosemina in modo uniforme su tutte le superfici da rivestire, qualunque sia l'altezza delle scarpate.

I materiali da impiegare dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della Direzione Lavori che disporrà le prove ed i controlli ritenuti opportuni.

I miscugli di seme da spandere, aventi le composizioni nei rapporti di cui alla tabella riportata nel precedente punto 1.4 a seconda dei tipi di terreni da rivestire, saranno impiegati nei quantitativi di 200, 400 e 600 kg/ha, in relazione alle prescrizioni che la Direzione Lavori impartirà tratto per tratto, riservandosi inoltre di variare la composizione del miscuglio stesso, fermo restando il quantitativo totale di seme.

Dovrà essere impiegato fertilizzante ternario (PKN) a pronta, media e lenta cessione in ragione di 700 kg/ha.

Per il fissaggio della soluzione al terreno e per la protezione del seme, dovranno essere impiegati in alternativa 1200 kg/ha di fibre di cellulosa, oppure 150 kg/ha di collante sintetico, oppure altri materiali variamente composti che proposti dall'Impresa, dovranno essere preventivamente accettati dalla Direzione Lavori.

Si effettuerà l'eventuale aggiunta di essenze forestali alle miscele di sementi, quando previsto in progetto.

Anche per l'idrosemina l'Impresa è libera di effettuare il lavoro in qualsiasi stagione, restando a suo carico le eventuali operazioni di risemina nel caso che la germinazione non avvenga in modo regolare ed uniforme.

- F.01.009 Rinverdimento di scarpate mediante idrosemina
- F.01.011 Sovraprezzo per idrosemina di coltre protettiva in matrice di fibre legate
- F.01.012 Idrosemina costituita da semina a spruzzo di essenze spontanee
- F.01.014 Idrosemina di muri in geotessile armato
- F.01.015 Idrosemina della sfoglia



- F.01.016 Idrosemina per muri verdi con garanzia di attecchimento

4.12 FORMAZIONE DI FASCINATE

Le formazioni di fascinate dovranno essere eseguite lungo scarpate che presentino inclinazioni non superiori a 45° rispetto all'orizzontale. Dovranno essere disposte in file orizzontali o inclinate (generalmente nello stesso verso) a distanza minima di circa 2 m una dall'altra.

La struttura dovrà essere realizzata impiegando materiale vegetale vivo (astoni e/o verghe) fissate al terreno per mezzo di picchetti, che in taluni casi possono essere costituiti anch'essi da materiale vegetale vivo (talee).

- F.03.001 Formazione di fascinate

5 ACCETTAZIONE E CONTROLLI

5.1 ACCETTAZIONE

Tutto il materiale agrario e forestale (es. terra di coltivo, concimi, torba, pali in legno, tutori, ecc.), il materiale vegetale (es. alberi, arbusti, tappezzanti, sementi, ecc.) e il materiale edile, impiantistico e di arredo (es. pietre, mattoni, legname da costruzione, irrigatori, ecc.) occorrente per lo svolgimento del lavoro, dovrà essere delle migliori qualità, senza difetti.

S'intende che la provenienza sarà liberamente scelta dall'Impresa purché ed a giudizio insindacabile del Direttore Lavori, i materiali siano riconosciuti accettabili. L'impresa è obbligata a notificare in tempo utile al Direttore Lavori la provenienza dei materiali.

L'Impresa dovrà sostituire a sua cura e spese, con altre rispondenti ai requisiti concordati, le eventuali partite non ritenute conformi dal Direttore Lavori.

L'approvazione dei materiali consegnati sul posto non sarà tuttavia considerata come accettazione definitiva: la Direzione Lavori si riserva infatti la facoltà di rifiutare, in qualsiasi momento, quei materiali e quelle provviste che si siano, per qualsiasi causa, alterati dopo l'introduzione nel cantiere, nonché il diritto di farli analizzare, per accertare la loro corrispondenza con i requisiti specificati nel presente Capitolato e dalle norme vigenti. In ogni caso l'Impresa, pur avendo ottenuto l'approvazione dei materiali dal Direttore Lavori, resta totalmente responsabile della buona riuscita delle opere.



5.2 CONTROLLI

Tutto il materiale vegetale (alberi, arbusti, piante erbacee, bulbi, rizomi, sementi) dovrà essere etichettato singolarmente o per gruppi omogenei, con cartellini resistenti alle intemperie indicanti in maniera chiara e leggibile la denominazione botanica (Genere, specie, varietà o cultivar) così come definita dal “Codice internazionale di nomenclatura per piante coltivate (CINPC)”. Tutte le piante fornite dovranno essere di ottima qualità e conformi agli standard correnti di mercato per le piante “extra” o di “prima scelta”.

Dove richiesto dalla normativa vigente il materiale vegetale dovrà essere accompagnato dal “passaporto delle piante”.

Il Direttore Lavori si riserva comunque la facoltà di effettuare, contestualmente all'Impresa appaltatrice, visite ai vivai di provenienza allo scopo di scegliere il materiale vegetale; si riserva quindi la facoltà di scartare, anche al momento della piantagione, quelle non rispondenti alle caratteristiche indicate nel presente Capitolato e nell'Elenco Prezzi in quanto non conformi ai requisiti fisiologici e fitosanitari che garantiscano la buona riuscita dell'impianto, o che non ritenga comunque adatte alla sistemazione da realizzare (in particolare perché provenienti da zone fitoclimatiche e/o pedologicamente diverse da quelle locali).

5.3 LABORATORI ACCREDITATI

Per eventuali prove di laboratorio possono essere utilizzati laboratori accreditati dal Servizio Fitosanitario ai sensi del D.M. 14 aprile 1997 e 9 agosto 2000 ai quali è stata riconosciuta l'idoneità a svolgere le analisi fitosanitarie e di rispondenza varietale previste dalla normativa.

6 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

6.1 NORME GENERALI

Resta stabilito che, sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i disegni contabili delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.

Detti disegni contabili, da predisporre su supporto informatico e da predisporre, in almeno duplice copia su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente



alla Direzione Lavori per il necessario e preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, eseguite in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.

Tale documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

La suddetta documentazione contabile resterà di proprietà dell'Amministrazione committente.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

- I lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla Direzione dei Lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori;
- I lavori da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore e, quindi, confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto di Appalto.

Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto, il corrispettivo da accreditare nei S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera.

A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la Direzione dei Lavori provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.

6.2 CRITERI DI MISURA

6.2.1. Sistemazione con terreno coltivo nelle aiuole

La misurazione della sistemazione con terreno coltivo sarà effettuata secondo la superficie effettiva sistemata e, nel prezzo a metro quadrato, qualunque sia lo spessore del terreno, si intendono compresi e compensati tutti gli oneri previsti nelle presenti Norme Tecniche, relativo a tale categoria di lavoro.

In detto prezzo, è altresì compresa l'eventuale fornitura di idonea terra vegetale proveniente da cava di prestito.

La fornitura d'idoneo terreno vegetale sarà computata in base all'effettivo volume, misurato dopo l'assestamento.



6.2.2. Lavori di rivestimento vegetale - opere in verde

Il lavoro comprende:

- Piantagioni: le piantagioni di essenze a portamento strisciante o arbustivo di specie forestali saranno misurate per la loro superficie effettiva di impianto, senza effettuare detrazioni di parti non piantate (testate di tombini), quando la superficie di queste sia inferiore a 3 mq
- Semine, idrosemine e rivestimenti di scarpate saranno computate per le effettive superfici trattate; i relativi articoli d'Elenco prezzi comprendono tutti gli oneri attinenti alla preparazione del terreno, alla fornitura di tutti i materiali occorrenti quali: seme, fertilizzanti, materiale per il fissaggio e la protezione del seme, acqua, ecc.; il nolo della speciale attrezzatura di proiezione ed ogni altra prestazione, fornitura ed onere necessario.
- Rivestimento in zolle: la valutazione sarà fatta in base alla superficie effettivamente rivestita e sarà comprensiva delle strutture di ancoraggio
- Vimate: saranno misurate in metro di effettivo sviluppo
- Graticci con fascine verdi: saranno valutati a metro di effettivo sviluppo; nel prezzo di Elenco è compreso l'onere dello scavo del terreno ed il riassetto del materiale nella superficie circostante
- La protezione di scarpate in trincea mediante Geotexte, Biostuoie o Stuoie Sintetiche saranno computate in base all'effettiva superficie protetta, senza tenere conto delle sovrapposizioni dei teli.

Nei prezzi unitari stabiliti in Elenco sono comprese tutte le forniture e la mano d'opera occorrenti per procedere alla eventuale ripresa di erosioni e solcature, sia prima del piantamento, sia successivamente, nonché la preparazione fisica e chimica del terreno, il piantamento, tutte le successive cure colturali e quanto altro occorre per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

Le principali caratteristiche che definiscono gli standard di fornitura delle piante sono:

- Altezza dell'albero: distanza che intercorre fra il colletto e il punto più alto della chioma;
- Altezza di impalcatura: distanza intercorrente fra il colletto e il punto di inserzione al fusto della branca principale più vicina;
- Circonferenza del fusto: misurata ad un metro dal colletto;
- Diametro della chioma: dimensione rilevata in corrispondenza della prima impalcatura per le conifere, a due terzi dell'altezza totale per tutti gli altri alberi.



7 NON CONFORMITÀ E SANZIONI

L'Appaltatore è tenuto a porre in essere le precauzioni, gli adempimenti, le misure organizzative e gestionali previste dalla normativa in materia ambientale per evitare che nell'esecuzione dei lavori, possano determinarsi violazioni della stessa normativa ambientale, situazioni di inquinamento o di pericolo per l'ambiente e per la salute delle persone.

Per i materiali e le sostanze derivanti da eventuali demolizioni, l'Appaltatore dovrà a propria cura e spese prelevare il materiale stesso non appena tolto d'opera, effettuarne il deposito e provvedere al trasporto, smaltimento e/o recupero secondo i modi e le condizioni stabilite dalla normativa vigente.

L'Appaltatore è responsabile di tutti i rifiuti originati dall'attività di cantiere, che dovranno essere gestiti secondo la normativa vigente. La Stazione Appaltante si riserva di verificare in qualsiasi momento il corretto assolvimento degli obblighi di legge in merito alla gestione dei rifiuti.

L'Appaltatore s'impegna a rispettare le prescrizioni e gli adempimenti in materia d'impatto ambientale, sia previste come condizioni di valutazione preliminare, che eventualmente richieste dagli enti preposti in fase di approvazione progettuale.

8 MANUTENZIONE DELLE OPERE A VERDE

L'appaltatore prima dell'esecuzione delle opere a verde dovrà predisporre un Piano di Mantenimento in cui dovranno essere esplicitate le quantità, le tipologie, le cadenze temporali e le modalità di esecuzione di tutte le operazioni necessarie per il mantenimento degli elementi vivi.

La durata del Piano di Mantenimento dovrà essere pari almeno ad un anno ed in ogni caso dovrà concludersi alla fine del periodo vegetativo fissato al 30 di Settembre.

Tale documento dovrà essere approvato dalla Direzione dei Lavori.

L'Appaltatore durante l'esecuzione delle opere e fino all'emissione del certificato di ultimazione dei lavori, che coincide con l'inizio delle operazioni previste dal Piano di Mantenimento e con l'inizio del periodo di garanzia, ha l'onere di mantenere le opere a verde realizzate (piante e prati), in condizioni ottimali provvedendo alla rapida sostituzione delle piante morte o moribonde, alle necessarie irrigazioni, concimazioni, controllo delle infestanti, trattamenti fitosanitari e quant'altro necessario.

Tutti gli interventi di manutenzione sono a completo carico dell'Appaltatore che deve intervenire con tempestività.



8.1 INIZIO DEGLI INTERVENTI PREVISTI DAL PIANO DI MANTENIMENTO

Con l'emissione del Certificato di Ultimazione Lavori l'Appaltatore ha l'obbligo di iniziare gli interventi di manutenzione previsti nel Piano di Mantenimento, secondo le modalità in esso indicate.

8.2 VERIFICA DEGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE

Gli interventi di manutenzione saranno registrati in un apposito registro con modalità da definirsi preventivamente con la Direzione Lavori, il registro dovrà essere aggiornato a cura dell'Appaltatore e tenuto sempre a disposizione della Direzione Lavori. Dopo ogni intervento manutentivo la Direzione Lavori potrà chiedere di eseguire la verifica dei lavori eseguiti in contraddittorio con l'Appaltatore.

8.3 PRINCIPALI INTERVENTI DI MANUTENZIONE DELLE OPERE A VERDE

In appendice sono descritti i principali interventi di manutenzione da eseguire a beneficio delle opere a verde.

9 GARANZIA DI ATTECCHIMENTO DELLE PIANTE DI NUOVO IMPIANTO

Ai fini della garanzia, per attecchimento di una pianta di nuovo impianto s'intende la capacità della pianta messa a dimora di sviluppare un'adeguata crescita vegetativa della parte epigea (foglie, germogli e rami) e della parte ipogea (radici) al termine del periodo di manutenzione fissato al 30 di settembre.

Dopo la messa a dimora inizia, infatti, un periodo transitorio particolarmente critico per le piante di nuovo impianto, nel quale presentano una ridotta capacità di adattamento alle condizioni ambientali e climatiche.

In questo periodo lo sviluppo dell'apparato radicale è insufficiente e non equilibrato e non consente alle piante di attingere appieno alle risorse necessarie per un adeguato sviluppo vegetativo. La durata di questo periodo transitorio critico è fortemente variabile (da qualche mese a qualche anno) e dipende da molti fattori, quali la specie, lo stato della pianta messa a dimora (età, dimensione, stato di coltivazione, ecc.), le condizioni pedologiche ed ambientali dei luoghi. In questo periodo le piante richiedono interventi di manutenzione straordinari senza i quali potrebbero andar incontro a danni transitori e permanenti compromettendo in tutto o in parte il risultato dell'opera a verde.

Al termine del periodo di attecchimento, lo sviluppo vegetativo sarà considerato adeguato quando, considerate le caratteristiche della specie, le condizioni ottimali di fornitura (piante adeguata-



mente rizollate, e patate, ecc.) e le condizioni ottimali di mantenimento (irrigazioni, concimazioni, trattamenti fitosanitari, ecc.) la pianta presenterà rami vivi ben distribuiti sulla chioma, l'allungamento dei nuovi germogli risulta adeguato e non sono presenti ferite sul tronco e sui rami principali.

9.1 SOSTITUZIONE DELLE PIANTE

Durante tutto il periodo di garanzia dovranno sempre essere garantite condizione di decoro nelle aree verdi evitando la permanenza di piante morte o fortemente deteriorate per le quali la Direzione Lavori può richiederne la sostituzione immediata.

Nel caso l'Appaltatore non esegua gli interventi secondo le modalità ed i tempi stabiliti nel crono programma condiviso, la Direzione Lavori provvederà direttamente a spese dell'Appaltatore.

Le eventuali sostituzioni del materiale vegetale dovranno essere effettuate con piante della stessa specie e varietà delle piante da sostituire e nella stagione adatta all'impianto. La Direzione Lavori può richiedere di sostituire le piante con piante coltivate in vaso qualora sia necessario mettere a dimora le piante in periodi di piantagione non adatti alle piante di zolla.

L'Appaltatore dovrà individuare le eventuali cause del deperimento concordando con la Direzione Lavori, gli eventuali interventi da eseguire, prima della successiva piantumazione. L'Appaltatore resta comunque obbligato alla sostituzione di ogni singolo esemplare per un numero massimo di due volte nel periodo di garanzia (oltre a quello d'impianto), fermo restando che la messa a dimora e la manutenzione siano state eseguite correttamente.

Sono a carico dell'Appaltatore, l'eliminazione e l'allontanamento dei vegetali morti (incluso l'apparato radicale), la fornitura del nuovo materiale e la messa a dimora dello stesso.

9.2 DEPOSITO A GARANZIA O POLIZZA FIDEJUSSORIA

L'Appaltatore dovrà fornire, alla fine dei lavori, idonea fideiussione (pari al 10% dell'importo delle opere in verde), quale garanzia di attecchimento, di durata pari al Piano di Mantenimento.

10 COLLAUDO

L'Appaltatore alla fine del periodo previsto dal Piano di Mantenimento dovrà garantire di aver eseguito i lavori secondo le indicazioni e i requisiti del piano e, qualora non indicati requisiti specifici, applicando la massima diligenza e utilizzando le migliori tecniche e prassi in uso. La verifica



dei lavori di manutenzione coincide temporalmente e funzionalmente con la verifica dell'attecchimento delle piante.

La verifica sarà eseguita dalla Direzione Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore anche attraverso il riesame del Registro delle Manutenzioni e con l'emissione del Verbale di attecchimento e il Certificato di fine dei lavori di manutenzione.

11 APPENDICE

11.1 INTERVENTI DI MANUTENZIONE DELLE OPERE A VERDE

Gli interventi indicati costituiscono una descrizione sommaria e non esaustiva di quello che deve essere attuato. Gli interventi dovranno comunque essere commisurati alle condizioni dei luoghi e alla specificità dell'opera.

11.1.1. MANUTENZIONE DELLE PIANTE

11.1.1.1. Irrigazioni alle piante

Nella delicata fase post-impianto, si eseguiranno adeguati adacquamenti alle piante sia con interventi manuali sia assistiti dall'impianto d'irrigazione.

La durata della fase post-impianto di completo attecchimento vegetativo dipende dalla specie, dalla misura di fornitura, dalla criticità delle condizioni dei luoghi. In generale per piante arbustive e piccoli alberi (circ. < 20 cm) il periodo post impianto termina dopo una stagione vegetativa. Per piante esemplari e di grossa dimensione tale periodo può durare di più fin tanto che non si manifesta un apprezzabile allungamento vegetativo.

Per tutto il periodo post-impianto e fino al completo attecchimento vegetativo si dovranno eseguire frequenti controlli sullo stato vegetativo e soprattutto sull'umidità del terreno in prossimità delle piante, anche alla presenza d'impianto d'irrigazione automatico. E' noto come l'eventuale impianto d'irrigazione non costituisca sufficiente garanzia di corretta irrigazione per tutte le piante. Gli automatismi dovranno essere tarati, correttamente programmati ed adeguati all'andamento stagionale. Si dovranno evitare sia situazioni di prolungata siccità sia di eccesso idrico.

Le conche d'invaso dovranno essere eventualmente ripristinate prima degli adacquamenti manuali. Nel caso non siano previste specifiche linee d'irrigazione per le piante e queste siano irrigate con l'irrigazione del prato o delle aiuole circostanti, si dovrà provvedere ad integrazioni manuali nei periodi siccitosi in misura non inferiore a 10 interventi annui.

Le piante tappezzanti con impianto di irrigazione a goccia devono essere irrigate ogni 2-3 giorni nelle prime fasi post-impianto (primi 6 mesi) ed ogni 3- 7 giorni nelle successive fasi con dosi di 30



l/mq (circa 90-150 minuti di funzionamento). In caso di assenza di impianti d'irrigazione o nel caso in cui questi non interessano parte delle piante, esse dovranno essere irrigate manualmente per il primo anno in misura non inferiore a 15 interventi annui.

11.1.1.2. Controllo delle infestanti

Si eseguiranno tutti gli interventi necessari per il controllo delle infestanti sia in prossimità del punto di piantagione degli alberi o cespugli isolati che nelle aiuole o siepi.

Gli interventi possono contemplare sia l'uso di diserbanti chimici sia scerbature manuali.

La frequenza degli interventi dipende dalla condizione dei luoghi, dalla capacità competitiva delle piante e dalla modalità di costruzione. Nelle aiuole con pacciamatura e/o teli pacciamanti lo sviluppo delle infestanti è più contenuto e quindi richiede un numero di interventi inferiore.

11.1.1.3. Concimazioni alle piante

Le lavorazioni di preparazione alla piantagione normalmente devono garantire un'adeguata fertilità per un periodo successivo all'impianto di 6/9 mesi.

Dopo questo primo periodo, la concimazione delle piante è importante per garantire lo sviluppo vegetativo e quindi il livello ornamentale. Le modalità di concimazione dipendono dalla specie e dalla condizione dei terreni.

Salvo casi particolari, si ritiene utile eseguire almeno una concimazione annuale per le piante arboree, siepi e aiuole con fertilizzanti a cessione programmata (6/8 mesi) o fertilizzanti a lenta cessione. Quando possibile sono da preferire concimi organici tipo stallatico.

11.1.1.4. Potature

Per gli alberi e grandi cespugli nei primi anni dopo l'impianto le potature di contenimento risultano trascurabili, mentre si rivelano importanti le potature di rimonda del secco e le potature di formazione della chioma.

Per le siepi sono da prevedere almeno una potatura al termine dello sviluppo vegetativo primaverile. Per le piante in aiuola dipende dalle specie: in generale per piante tappezzanti ed arbustive si dovrà prevedere almeno un intervento annuo o al termine dello sviluppo vegetativo primaverile (giugno/luglio) o a riposo vegetativo (novembre-marzo).

Le piante erbacee possono richiedere interventi specifici anche 3-4 volte l'anno.

Le potature devono essere eseguite da personale esperto e specializzato.

11.1.1.5. Controllo degli ancoraggi e mantenimento delle conche d'invaso

Gli ancoraggi e le conche di invaso dovranno essere mantenute per la loro funzione per tutto il periodo di manutenzione, quindi si rende necessario il controllo ed il loro mantenimento almeno 2 volte all'anno.



Coordinamento Territoriale/Direzione
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.25 - Rev.1.0
Opere in verde – Nuovo impianto

11.1.1.6. Trattamenti antiparassitari alle piante

In caso di necessità si interverrà con interventi antiparassitari appositamente registrati e distribuiti da personale specializzato. Si potranno prevedere per piante particolari degli specifici piani di trattamenti antiparassitari.

In generale si dovranno prevedere almeno 2 interventi annui su tutta la vegetazione come profi-
lassi



Anas S.p.A.
Via Monzambano, 10 - 00185 Roma
www.stradeanas.it