ANAS S.p.A.

Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

S.S. N. 9 "VIA EMILIA"
VARIANTE DI CASALPUSTERLENGO ED ELIMINAZIONE PASSAGGIO A LIVELLO SULLA S.P. EX S.S. N.234

PROGETTO ESECUTIVO

STUDIO CORONA Ing. Renato Vaira (Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4663 W)	ING. RENATO DEL PRETE Ing. Renato Del Prete Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073	DOTT. GEOL. DANILO GALLO Dott. Geol. Danilo Gallo Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588
Ingegneria del Territorio s.r.l. Ing. Valerio Bajetti Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211	SETAC Srl Servizi & Engineering Trasporti Ambiente Costruzioni Prof. Ing. Luigi Monterisi Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771	E&G Engineering & Graphics S.r.l. Ing. Gabriele Incecchi Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102
CONSORZIO UNING soc.Cons. a r.l. — SOCIETÀ DESIGNATA: GA&M s.r.l. Prof. Ing. Matteo Ranieri Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137	ECOPLAN Società di Ingegneria & Architettura Ambientale Arch. Nicoletta Frattini Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433	ARKE' INGEGNERIA s.r.l. Via Imperatore Traiano n° 4 - 70126 Bari Ing. Gioacchino Angarano Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970

INTEGRAZIONE PRESTAZIONI	PROGETTISTA
Ing. Renato Del Prete	Ing. Valerio Bajetti (I.T. S.r.l.)
PROGETTAZIONE STRADALE	**PROGETTAZIONE IDRAULICA**
Ing. Gaetano Ranieri (Ga&M S.r.l.)	Ing. Fabrizio Bajetti (I.T. S.r.l.)
PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MAGGIORI	**PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MINORI**
Ing. Renato Vaira (Studio Corona S.r.l.)	Ing. Nicola Ligas (I.T. S.r.l.)
COMPUTI	**CANTIERISTICA**
Ing. Valerio Bajetti (I.T. S.r.l.)	Ing. Gaetano Ranieri (Ga&M S.r.l.)
GEOLOGIA	**GEOTECNICA**
Dott. Danilo Gallo	Ing. Gianfranco Sodero (Studio Corona S.r.l.)
AMBIENTE	**SICUREZZA**
Dott. Emilio Macchi (ECOPLAN S.r.l.)	Ing. Gaetano Ranieri (Ga&M S.r.l.)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	IL RESPONSABILE DELLA INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE	PROGETTISTA	GEOLOGO	IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE
Dott. Ing. Fabrizio CARDONE	Ing. Renato DEL PRETE	Ing. Valerio BAJETTI	Dott. Danilo GALLO	Ing. Gaetano RANIERI

R002

R - DOCUMENTAZIONE TECNICO AMMINISTRATIVA

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO PRESCRIZIONI TECNICHE OPERE CIVILI

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	R002-T00EG00TAMRE02_B.dwg		
COMI	E	1701	CODICE ELAB. T00EG00TAMRE02	B	------

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
D					
C					
B	EMISSIONE A SEGUITO DI ISTRUTTORIA	LUGLIO 2018	ING. FABRIZIO BAJETTI	PROF. ING LUIGI MONTERISI	ING.VALERIO BAJETTI
A	EMISSIONE	DICEMBRE 2017	ING. VALERIO BAJETTI	PROF. ING. LUIGI MONTERISI	ING. VALERIO BAJETTI

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

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 11
2.2.1 Descrizione 12
2.2.2 Modalità esecutive 12
2.3 STRATO ANTICAPILLARE 16
2.3.1 Strato granulare anticapillare 16
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 19
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 28
2.6.3 Piano di appoggio della sovrastruttura (sottofondo) 30
2.6.4 Resistenza al gelo 30
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 39
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 45
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 50
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 51
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. 52
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, COMPRESE LE SUPERFICI VERTICALI DI SPALLE, PILE, PULVINI, MURI, ECC – PER UNO SPESSORE MEDIO FINO A 3 CM 53
5.13 DEMOLIZIONE DI SOVRASTRUTTURA STRADALE 53
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 56
6.4 PROVE DI CONTROLLO SUL PIANO DI POSA 57

6.5 CONTROLLO DEI MATERIALI RICICLATI DA RIFIUTI SPECIALI DA DEMOLIZIONE EDILE 59
6.5.1 Prove di laboratorio 59
6.5.2 Prove in sito 60
6.6 CONTROLLO DEI MATERIALI RICICLATI DA RIFIUTI SPECIALI INDUSTRIALI – SCORIE 60
6.6.1 Prove di laboratorio 60
6.6.2 Prove in sito 60
6.7 TELO GEOTESSILE "TESSUTO NON TESSUTO" 60
6.8 CONTROLLO SCAVI 62
6.9 CONTROLLO DRENI PREFABBRICATI 63
6.10 CONTROLLO DRENI IN SABBIA 63
7 NORMATIVE DI RIFERIMENTO 64

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 interrate 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 locali;
- 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 *(martellone)*	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 Esercutivo 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 manto 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 scavo 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 A_1, A_{2-4}, A_{2-5}, A_3"
- A.02.007.b "Sistemazione in rilevato o in riempimento - appartenenti ai gruppi A_{2-6}, A_{2-7}"
- 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 A_1, A_2, A_3 (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):

- A_1, A_3 se proveniente da cave di prestito. Nel caso in cui il materiale appartenga al gruppo A_3, esso deve presentare un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore o uguale a 7;
- A_1, A_{2-4} , A_{2-5}, A_3, se proveniente dagli scavi. Il materiale appartenente al gruppo A_3 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 e150 kPa (0.05 e 0.15 N/mm^2).

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 scotico 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 superiori 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/mm^2), (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/mm^2), (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 avente 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 evidenzi 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 A_1, A_{2-4}, A_{2-5}, A_3"
- A.02.007.b "Sistemazione in rilevato o in riempimento - appartenenti ai gruppi A_{2-6}, A_{2-7}"
- 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 A_1, A_{2-4}, A_{2-5}, A_3

Dovranno essere impiegati materiali appartenenti ai gruppi A_1, A_{2-4}, A_{2-5}, A_3; il materiale appartenente al gruppo A_3 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 A_3 (per le terre appartenenti al gruppo A_3 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/mm^2), (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/mm^2) 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.

Ogniqualvolta 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 A_{2-6}, A_{2-7}

Le terre appartenenti ai gruppi A_{2-6} ed A_{2-7} 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 Md 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 Md\Md' uguale o maggiore di 0,15.

Impiego di terre appartenenti ai gruppi A_4, A_5, A_6, A_7

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 A_4, A_5, A_6, A_7 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 A_1, A_{2-4}, A_{2-5}, A_3 o con rocce frantumate;
- 30 cm per rilevati eseguiti con terre appartenenti ai gruppi A_{2-6}, A_{2-7}.

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 (±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 assicurare 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/m^3 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 m + 3/2 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 capacità 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):

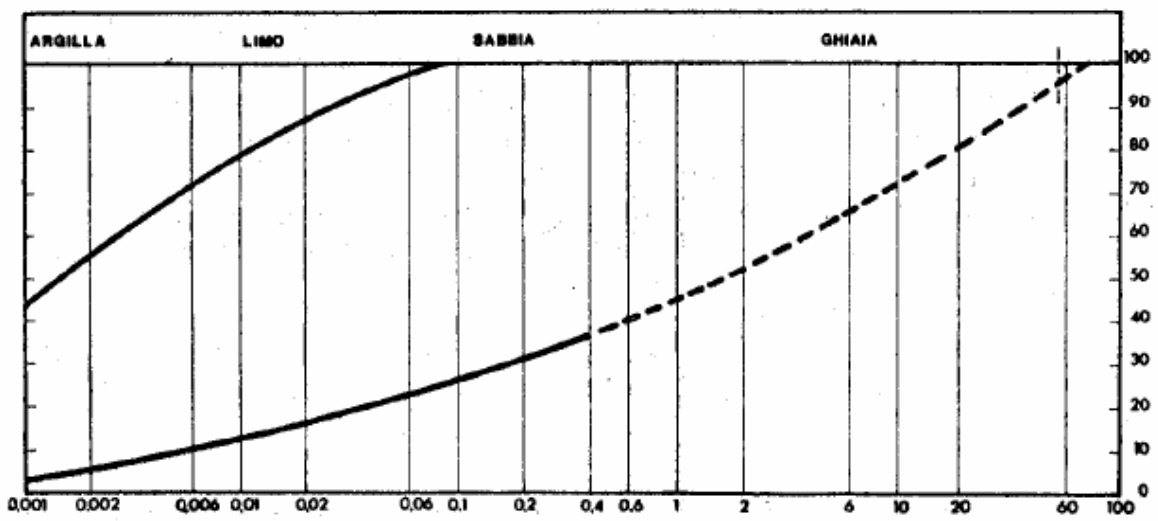


Fig. 1 – Fuso granulometrico delle terre per la stabilizzazione con calce

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 calci 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 $10 \leq IP \leq 50$
	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

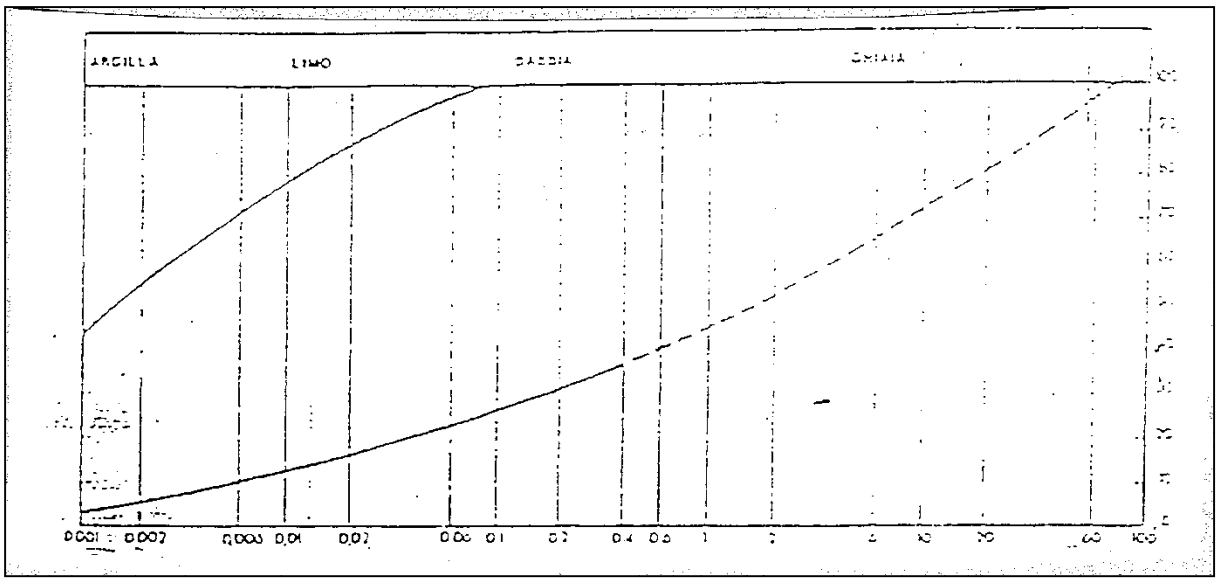
La terra stabilizzata a cemento è una miscela composta da terra, cemento e acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche fisico-chimico e meccaniche della terra onde ottenere una miscela

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/mm^2.

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, affinchè si raggiungano tali requisiti nella miscelazione 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 si 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 si 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 ricarico, 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, $A_{2\text{-}4}$ e $A_{2\text{-}5}$.

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 approvvigionati) 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 Ω·cm per opere all'asciutto
	>3.000 Ω·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 AASHO 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/mm^2.

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 (*incombustibile*)		

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 evidenzi 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 similari 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 m^3/anno (con gradiente idraulico unitario e con l'applicazione all'involucro filtrante di una pressione normale totale pari a 300 kN/m^2) 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 rotopercussione.

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 A_1 ed A_3 opportunamente compattato; il materiale appartenente al gruppo A_3 dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore o uguale a 7;
b) Il rinterro di scavi relativi a tubazioni interrate 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 A_1 ed A_3, 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 A_3 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'approvvigionamento 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 utilizzate.
- 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 provvisionali 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 benestare 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'Appaltare.

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 Sbancamento e dei Rilevati sarà effettuata con il metodo delle sezioni ragguagliate. 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 carico, 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, rivestita 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 dreno 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 obbligata 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 sovraprezzo 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, COMPRESE LE SUPERFICI VERTICALI DI SPALLE, PILE, PULVINI, MURI, ECC – PER UNO SPESSORE MEDIO FINO A 3 CM

Idrodemolízione 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 provvisionale.

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 modo 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
Gruppo	A 1		A 3	A 2				A 4	A 5	A 6	A 7		A 8
Sottogruppo	A 1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6	

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	
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI2332 Limite liquido Indice di plasticità	_ ≤ 6		_ 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	500	10000	500	2500	500	5000

UNI 13242 UNI 14688 UNI 13285						
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 m^3 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 m^3 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 m^3 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 punzona mento 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 m^3 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 allegherà 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 rotopercussione, 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 m^3 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.05.14 - Rev. 1.0

Murature

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	Presidente	

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

1 SOMMARIO

1. GENERALITÀ 4
2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E DELLE LAVORAZIONI 4
3. MODALITÀ ESECUTIVE 5
3.1. MALTE E INTONACI 5
3.2. MURATURE DI MATTONI 5
3.3. MURATURE DI PIETRAME A SECCO 5
3.4. MURATURE DI PIETRAME E MALTA 6
3.5. MURATURE DI CALCESTRUZZO CON PIETRAME ANNEGATO (CALCESTRUZZO CICLOPICO) 7
3.6. MURATURE IN PIETRA DA TAGLIO 8
3.7. MURATURA IN BLOCCHI DI CLS 9
3.7.1. Tecniche di base per la posa 9
3.7.1.1. Filo orizzontale 9
3.7.1.2. Posa del Primo Corso 9
3.7.1.3. Posa a giunti sfalsati ed a giunti verticali allineati (a sorella) 10
3.8. INTONACI 10
3.8.1.1. Intonaci eseguiti a mano 11
3.8.2. Intonaci eseguiti a spruzzo (gunite) 11
4. PROVE E CONTROLLI 11
4.1. CONTROLLI DOCUMENTALI 11
4.2. PROVE DI ACCETTAZIONE 11
4.3. CONTROLLI SULLA ESECUZIONE 12
5. PROVE DI CARICO E COLLAUDO 12
6. MANUTENZIONE 12
7. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 12
8. MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE 12
8.1. NORME GENERALI 12
8.2. CRITERI DI MISURA 13
8.2.1. Realizzazione di murature 13
8.2.2. Lavorazioni a faccia vista, stilatura di giunti, intonaci e rivestimenti 14

1. GENERALITÀ

Il presente capitolato si applica alle murature portanti, portanti e non, e agli intonaci.

Le murature comprese nel presente capitolato sono:

- murature di mattoni;
- murature di pietrame a secco;
- murature di pietrame e malta;
- murature di calcestruzzo con pietrame annegato;
- murature in pietra da taglio;
- muratura con blocchi di calcestruzzo.

Per le murature portanti si applicano le prescrizioni di cui al cap. 11.10 delle vigenti Norme Tecniche per le costruzioni (di seguito semplicemente chiamate NTC) integrate con le prescrizioni del presente capitolato.

Per le murature non portanti e per gli intonaci si applicano solo le prescrizioni del presente capitolato.

Ai sensi delle NTC tutti gli elementi costituenti una muratura portante dovranno recare la marcatura CE.

L'Appaltatore dovrà eseguire le opere nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nelle NTC e nel presente capitolato.

2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E DELLE LAVORAZIONI

Per le murature portanti si utilizzeranno elementi di categoria I ai sensi del par. 11.10.1 delle NTC.

Per le malte e per gli intonaci si utilizzeranno soltanto prodotti premiscelati.

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali, all'esame ed all'approvazione della Direzione Lavori le relative schede tecniche o, laddove ritenuto necessario dalla Direzione Lavori, elementi campione rappresentativi degli elementi da impiegare nella costruzione.

Riguardo al magistero ed alla lavorazione della faccia vista e/o della pietra da taglio, ferme restando le prescrizioni di seguito indicate, viene stabilito che l'Appaltatore è obbligato a preparare, a proprie cure e spese, i campioni delle diverse lavorazioni per sottoporli all'approvazione della Direzione dei Lavori. Senza tale approvazione, l'Appaltatore non può dar mano alla esecuzione dei paramenti delle murature di pietrame.

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori, dei campioni, delle prove e delle schede ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

3. MODALITÀ ESECUTIVE

3.1. MALTE E INTONACI

Il dosaggio dei materiali e dei leganti verrà effettuato con mezzi meccanici suscettibili di esatta misurazione e controllo che l'Appaltatore dovrà mantenere efficienti a sua cura e spese.

Gli impasti verranno preparati solamente nelle quantità necessarie per l'impiego immediato; gli impasti residui che non avessero immediato impiego saranno portati a rifiuto.

3.2. MURATURE DI MATTONI

I materiali, all'atto dell'impiego, dovranno essere abbondantemente bagnati per immersione sino a sufficiente saturazione.

Essi dovranno essere messi in opera a regola d'arte, con le connessure alternate in corsi ben regolari, saranno posti sopra uno strato di malta e premuti sopra di esso in modo che la malta riempia tutte le connessure fuoriuscendo leggermente dai bordi.

La larghezza delle connessure non dovrà essere maggiore di 1 cm, né minore di 1/2 cm.

Se la muratura dovesse eseguirsi a paramento visto si dovrà aver cura di scegliere, per le facce esterne, i mattoni di migliore cottura a spigolo vivo, meglio formati e di colore uniforme, disponibili con perfetta regolarità di piani a ricorrere ed alternando con precisione i giunti verticali.

In questo genere di paramento le connessure di faccia vista non dovranno avere grossezza maggiore di 5 mm e, previa la loro raschiatura e pulitura, dovranno essere profilate con malta idraulica e diligentemente compresse e lisciate con apposito ferro, senza sbavature.

3.3. MURATURE DI PIETRAME A SECCO

La muratura di pietrame a secco dovrà essere eseguita con pietre ridotte col martello alla forma più che sia possibile regolare, restando assolutamente escluse quelle di forma rotonda. Le pietre saranno collocate in opera in modo che contrastino e si concatenino fra loro il più possibile scegliendo per i paramenti quelle di dimensioni non inferiori a 20 cm di lato, e le più adatte per il migliore combaciamento.

Si eviterà sempre la ricorrenza delle connessioni verticali. Nell'interno della muratura, si farà uso delle scaglie soltanto per appianare i corsi e riempire interstizi fra pietra e pietra.

Per i cantonali si useranno le pietre di maggiori dimensioni e meglio rispondenti allo scopo. La rientranza delle pietre del paramento non dovrà mai essere inferiore all'altezza del corso. Inoltre si disporranno frequentemente pietre di lunghezza tale da penetrare nello spessore della muratura.

A richiesta della Direzione dei Lavori l'Appaltatore dovrà lasciare opportune feritoie regolari e regolarmente disposte, anche in più ordini, per lo scolo delle acque.

La muratura in pietrame a secco per muri di sostegno, in controripa, o comunque isolati, sarà sempre coronata con una copertina di muratura di malta o di calcestruzzo, delle dimensioni che, di volta in volta, verranno fissate dalla Direzione dei Lavori.

3.4. MURATURE DI PIETRAME E MALTA

La muratura di pietrame con malta cementizia dovrà essere eseguita con elementi di pietrame delle maggiori dimensioni possibili e, ad ogni modo, non inferiore a 25 cm in senso orizzontale, 20 cm in senso verticale e 30 cm di profondità.

Per i muri di spessore di 40 cm si potranno avere alternanze di pietre minori.

Le pietre, prima del collocamento in opera, dovranno essere diligentemente pulite ove occorra, a giudizio della Direzione del Lavori, lavate.

Nella costruzione della muratura, le pietre dovranno essere battute col martello e rinzeppate diligentemente con scaglie e con abbondante malta, così che ogni pietra resti avvolta dalla malta stessa e non rimanga alcun vano od interstizio.

Per le facce viste delle murature di pietrame, secondo gli ordini della Direzione dei Lavori, potrà essere prescritta l'esecuzione delle seguenti speciali lavorazioni:

- con pietra rasa e testa scoperta (ad opera incerta);
- a mosaico grezzo;
- con pietra squadrata a corsi pressoché regolari;
- con pietra squadrata a corsi regolari.

Nel paramento con pietra rasa e testa scoperta (ad opera incerta), il pietrame dovrà essere scelto diligentemente e la sua faccia vista dovrà essere ridotta col martello a superficie approssimativamente piana. Le facce di posa e combaciamento delle pietre dovranno essere spianate e adattate con il martello, in modo che il contatto dei pezzi avvenga in tutti i giunti per una rientranza non minore di 10 cm.

Nel paramento a mosaico grezzo, le facce viste dei singoli pezzi dovranno essere ridotte, col martello a punta grossa, a superficie piana poligonale; i singoli pezzi dovranno combaciare fra loro regolarmente, restando vietato l'uso delle scaglie.

In tutto il resto si seguiranno le norme indicate per il paramento a pietra rasa.

Nel paramento a corsi pressoché regolari, il pietrame dovrà essere ridotto a conci piani e squadrati, sia col martello che con la grossa punta, con le facce di posa parallele fra loro e quelle di combaciamento normali a quelle di posa. I conci saranno posti in opera a corsi orizzontali di altezza che può variare da corso a corso, e potrà non essere costante per l'intero filare. Nelle superfici esterne dei muri saranno tollerate alla prova del regolo rientranze o sporgenze non maggiori di 15 millimetri.

Nel paramento a corsi regolari, i conci dovranno essere resi perfettamente piani e squadrati, con la faccia vista rettangolare, lavorata a grana ordinaria; essi dovranno avere la stessa altezza per tutta la lunghezza del medesimo corso, e qualora i vari corsi non avessero eguale altezza, questa dovrà essere disposta in ordine decrescente dai corsi inferiori ai corsi superiori, con differenza però fra due corsi successivi non maggiori di 5 cm.

La Direzione dei Lavori potrà anche prescrivere l'altezza dei singoli corsi, ed ove nella stessa superficie di paramento venissero impiegati conci di pietra da taglio, per rivestimento di alcune parti, i filari del paramento a corsi regolari dovranno essere in perfetta corrispondenza con quelli della pietra da taglio.

Tanto nel paramento a corsi pressoché regolari, quanto in quello a corsi regolari, non sarà tollerato l'impiego di scaglie nella faccia esterna; il combaciamento dei corsi dovrà avvenire per almeno due terzi della loro rientranza nelle facce di posa, e non potrà essere mai minore di 15 cm nei giunti verticali.

La rientranza dei singoli pezzi non sarà mai minore della loro altezza, né inferiore a 30 cm; l'altezza minima dei corsi non dovrà essere mai minore di 20 cm.

In entrambi i paramenti a corsi, lo spostamento di due giunti verticali consecutivi non dovrà essere minore di cm 10 e le connessure avranno larghezza non maggiore di un centimetro.

Per le murature con malta, quando questa avrà fatto convenientemente presa, le connessure delle facce di paramento dovranno essere accuratamente stuccate.

In tutte le specie di paramenti la stuccatura dovrà essere fatta raschiando preventivamente le connessure fino a conveniente profondità per purgarle dalla malta, dalla polvere e da qualche altra materia estranea, lavandole a grande acqua e riempiendo quindi le connessure stesse con nuova malta della qualità prescritta, curando che questa penetri bene dentro, comprimendola e lisciandola con apposito ferro, in modo che il contorno dei conci sui fronti del paramento, a lavoro finito, si disegni nettamente e senza sbavature.

Il nucleo della muratura dovrà essere costruito sempre contemporaneamente ai rivestimenti esterni.

3.5. MURATURE DI CALCESTRUZZO CON PIETRAME ANNEGATO (CALCESTRUZZO CICLOPICO)

Il calcestruzzo ciclopico potrà essere impiegato per determinate opere murarie (muri di sostegno, sottoscarpa, riempimento di cavi o pozzi di fondazioni, briglie, ecc.).

Il pietrame annegato nel calcestruzzo dovrà essere di dimensioni non superiori a 1/3 dello spessore della muratura. Il pietrame dovrà presentarsi ben spigolato, scevro da ogni impurità, bagnato all'atto dell'impiego e non dovrà rappresentare un volume superiore al 40% del volume della muratura.

3.6. MURATURE IN PIETRA DA TAGLIO

La pietra da taglio nelle costruzioni delle diverse opere dovrà presentare la forma e le dimensioni di progetto, ed essere lavorata norma delle prescrizioni che verranno impartite dalla Direzione dei Lavori all'atto dell'esecuzione, nei seguenti modi:

- a grana grossa;
- a grana ordinaria;
- a grana mezzo fina;
- a grana fina.

Per pietra da taglio a grana grossa si intenderà quella lavorata semplicemente con la grossa punta senza far uso della martellina per lavorare le facce viste, né dello scalpello per ricavarne gli spigoli netti.

Verrà considerata come pietra da taglio a grana ordinaria quella le cui facce viste saranno lavorate con la martellina a denti larghi.

La pietra da taglio si intenderà infine lavorata a grana mezzo fina e a grana fina, secondo che le facce predette saranno lavorate con la martellina a denti mezzani o a denti finissimi.

In tutte le lavorazioni, esclusa quella a grana grossa, le facce esterne di ciascun concio della pietra da taglio dovranno avere gli spigoli vivi e ben cesellati, in modo che le connessure fra concio e concio non eccedano la larghezza di 5 mm per la pietra a grana ordinaria e di 3 mm per le altre.

Qualunque sia il genere di lavorazione delle facce viste, i letti di posa e le facce di combaciamento dovranno essere ridotti a perfetto piano e lavorati a grana fina. Non saranno tollerate né smussature agli spigoli, né cavità nelle facce, né masticature o rattoppi. La pietra da taglio che presentasse difetti verrà rifiutata e l'Appaltatore sarà in obbligo di farne l'immediata surrogazione, anche se le scheggiature od ammanchi si verificassero, sia al momento della posa in opera, sia dopo e sino al collaudo.

Le forme e dimensioni di ciascun concio in pietra da taglio dovranno essere perfettamente conformi ai disegni dei particolari consegnati all'Appaltatore, od alle Istruzioni che all'atto dell'esecuzione fossero eventualmente date dalla Direzione del Lavori. Inoltre, ogni concio dovrà essere sempre lavorato in modo da potersi collocare in opera secondo gli originali letti di cava.

Per la posa in opera si potrà fare uso di zeppe volanti, da togliere però immediatamente quando la malta rifluisce nel contorno della pietra battuta a muzzuolo sino a prendere la posizione voluta.

La pietra da taglio dovrà essere messa in opera con malta dosata a 400 Kg di cemento normale per metro cubo di sabbia e, ove occorra, i diversi conci dovranno essere collegati con grappe ed arpioni di rame, saldamente suggellati entro apposite incassature praticate nei conci medesimi.

Le connessure delle facce viste dovranno essere profilate con cemento a lenta presa, diligentemente compresso e lisciato mediante apposito ferro.

3.7. MURATURA IN BLOCCHI DI CLS

È necessario verificare inizialmente lo stato del piano di posa; quest'ultimo, deve essere perfettamente livellato per non pregiudicare l'allineamento dei corsi. Naturalmente deve essere preparato in maniera tale da sopportare il carico della struttura muraria in costruzione. Se la struttura lo prevede, si decide il passo degli irrigidimenti verticali ricavati all'interno della muratura, in cui vengono posizionati i ferri di richiamo che partono dalle travi portamuro.

Se non già previsti si può procedere facendo i fori nel piano di posa fissando le chiamate di ripresa con resine o malta di inghisaggio.

Le riprese vanno eseguite in corrispondenza delle nervature verticali previste nella muratura.

Per gli allineamenti e filo orizzontale si traccia il muro sul piano di partenza utilizzando fili colorati battuti avendo come

riferimenti il punto di partenza del muro e il punto di arrivo.

Dall'alto viene fatto cadere il piombo e viene fissato sul piano di partenza. Il piombo dà l'allineamento verticale del muro.

3.7.1. Tecniche di base per la posa

3.7.1.1. Filo orizzontale

Il posizionamento del filo orizzontale tiene conto della necessità di mantenere la quota del "modulo" in altezza del blocco. Il filo si sposta in altezza secondo il modulo del blocco. Il corso successivo deve tenere il bordo superiore del blocco allineato al filo.

3.7.1.2. Posa del Primo Corso

La prima cosa da fare è misurare l'altezza del muro dal piano di posa al solaio. Eventuali piccole differenze fra la modularità dei blocchi e l'altezza del muro possono essere recuperate o nel primo strato di malta o distribuite sullo spessore dei giunti orizzontali successivi; quando tali differenze sono consistenti è consigliabile tagliare i blocchi destinati all'ultimo corso. Si inizia con la posa del primo corso.

È importante avere, ad inizio e fine muro, correttamente posizionati, sia il calandro verticale che il filo orizzontale. Il calandro verticale è il primo ad essere posizionato, l'orizzontale va ad indicare l'altezza del muro.

Si controlla la dimensione della parete e si verifica, sulla base della lunghezza/altezza del blocco il numero dei blocchi necessari a coprire tutto lo specchio della parete. 20 cm.

Si stende la malta nel piano di posa su due fasce parallele in corrispondenza delle costole esterne del blocco. Si stende la malta, con il blocco verticale, sui corrimalta se presenti o sulla superficie laterale. Quindi si posa il blocco sui due letti di malta precedentemente stesi e lo si alloggia battendo con la cazzuola per ottenere gli allineamenti.

Eventuale malta in eccesso dovrà essere asportata utilizzando la cazzuola.

I blocchi vanno posati capovolti con il corrimalta orizzontale rivolto verso l'alto. È importante che la posa dei blocchi parta in corrispondenza di un angolo o da una estremità della muratura.

La prima fase è il posizionamento dei calandri verticali. Quello sull'angolo si può fare posizionando delle fodere in legno

a piombo oppure più semplicemente facendo cadere il piombo. I calandri orizzontali sono da tenere all'esterno della muratura.

Sollevati i calandri secondo il modulo verticale del blocco, ci si appresta alla posa del corso successivo. Dato l'allineamento, si ricorre alla bolla e al piombo. In genere si usa il piombo In genere si usa il piombo dopo i primi 5 o 6 corsi. Si usa la bolla nei due sensi per dare il corretto posizionamento.

Per la posa del secondo corso, se la parete supera i 10 m di lunghezza, la prima cosa da fare è il punto di appoggio del filo posizionando un blocco a metà della parete per evitare che flettendosi non mantenga la modularità nell'altezza del secondo corso.

Normalmente i blocchi vanno posati a giunti verticali sfalsati o allineati "a sorella" in alcuni casi.

3.7.1.3. Posa a giunti sfalsati ed a giunti verticali allineati (a sorella)

Si parte con la stesura della malta dall'inizio della parete. Si stende la malta sui primi due blocchi del primo corso e quindi si inizia la posa con il mezzo blocco per sfalsare la posa del secondo corso. Si utilizza la bolla per dare gli allineamenti verticale - orizzontale, quindi si prosegue con la posa dei blocchi successivi.

3.8. INTONACI

Gli intonaci verranno eseguiti dopo accurata pulizia, bagnatura delle pareti e formazione di fasce di guida in numero sufficiente per ottenere la regolarità delle superfici.

A superficie finita non dovranno presentare screpolature, irregolarità, macchie; le fasce saranno regolari ed uniformi e gli spigoli eseguiti a regola d'arte.

Sarà cura dell'Appaltatore mantenere umidi gli intonaci eseguiti, quando le condizioni locali lo richiedono.

3.8.1.1. Intonaci eseguiti a mano

Nelle esecuzioni di questo lavoro, verrà applicato un primo strato di circa 12 mm di malta (rinzaffo), gettato con forza in modo da aderire perfettamente alla muratura. Quando questo primo strato sarà alquanto consolidato, si applicherà il secondo strato che verrà steso con la cazzuola e regolarizzato con il fratazzo.

Lo spessore finito dovrà essere di 20 mm; qualora però, a giudizio della Direzione dei Lavori, la finitura dei getti e delle murature lo consenta, potrà essere limitato a 10 mm e, in tal caso, applicato in una volta sola.

3.8.2. Intonaci eseguiti a spruzzo (gunite)

Prima di applicare l'intonaco l'Appaltatore avrà cura di eseguire mediante martelli ad aria compressa, muniti di appropriato utensile, la "spicconatura" delle superfici da intonacare, alla quale seguirà un efficace lavaggio con acqua a pressione ed occorrendo sabbiatura ad aria compressa.

Le sabbie da impiegare saranno silicee, scevre da ogni impurità ed avranno un appropriato assortimento granulometrico preventivamente approvato dalla Direzione dei Lavori.

L'intonaco potrà avere lo spessore di 20 o 30 mm e sarà eseguito in due strati, il primo dei quali sarà rispettivamente di 12 o 18 mm circa. Il getto dovrà essere eseguito con la lancia in posizione normale alla superficie da intonacare e posta a distanza di 80 90 cm dalla medesima. La pressione alla bocca dell'ugello di uscita della miscela sarà di circa 3 atmosfere.

Qualora si rendesse necessario, la Direzione dei Lavori potrà ordinare l'aggiunta degli idonei additivi per le qualità e dosi di volta in volta verranno stabilite, od anche l'inclusione di reti metalliche elettrosaldate in fili d'acciaio, di caratteristiche che saranno precisate dalla Direzione dei Lavori.

In quest'ultimo caso, l'intonaco potrà avere spessore di 30 40 mm.

4. 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.

Per le murature portanti i controlli e le prove saranno conformi alla Classe di esecuzione della muratura (rif par. 4.5.6.1 delle NTC) definita nel progetto esecutivo. In mancanza di tale definizione si assumerà comunque una Classe di esecuzione della muratura pari a 1.

4.1. CONTROLLI DOCUMENTALI

Controlli per le murature portanti previsti nei par. 11.10 delle NTC.

4.2. PROVE DI ACCETTAZIONE

Controlli per i materiali costituenti le murature portanti previsti nei par. 11.10.1 e 11.10.2 delle NTC.

Controlli sui campioni previsti nel presente capitolato.

Determinazione dei parametri meccanici delle murature portanti a discrezione della direzione Lavori secondo il par. 11.10.3 delle NTC.

4.3. CONTROLLI SULLA ESECUZIONE

La Direzione Lavori verificherà che l'esecuzione dell'opera avvenga secondo le indicazioni contenute nel presente capitolato.

Per le murature portanti la Direzione Lavori accerterà che sussistano le condizioni necessarie alla attuazione della Classe di esecuzione della muratura (rif par. 4.5.6.1 delle NTC) indicata nel progetto esecutivo. In mancanza di tale indicazione si assumerà comunque una Classe di esecuzione della muratura pari a 1.

5. PROVE DI CARICO E COLLAUDO

Prima di sottoporre le strutture portanti in muratura 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.

6. MANUTENZIONE

Il "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" conterrà anche:

- I percorsi e le modalità di accesso alle parti oggetto di ispezione.
- La frequenza delle ispezioni periodiche e principali.

7. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Vigenti Norme Tecniche per le costruzioni e le norme UNI EN ivi richiamate

8. MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

8.1. 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.

8.2. CRITERI DI MISURA

8.2.1. Realizzazione di murature

Per la misurazione di quanto realizzato, oltre a fare riferimento a quanto descritto nelle relative voci di Elenco Prezzi, si fa presente che la misurazione verrà effettuata geometricamente in base a misure prese sul "vivo" dei muri per il volume o superficie effettivamente realizzati, esclusi gli intonaci e detraendo i vuoti di area superiore ad 1 mq, qualunque sia lo spessore della muratura.

8.2.2. Lavorazioni a faccia vista, stilatura di giunti, intonaci e rivestimenti

Per le lavorazioni a faccia vista, la stilatura dei giunti con malta cementizia, la realizzazione di Intonaco a mano e/o spruzzato e rivestimento di murature con lastre in pietra da taglio, mattoni, lastre in cls, piastre in porfido, elementi di pietra dura, ecc.

La misurazione verrà effettuata su superfici piane, curve e inclinate, valutando lo sviluppo geometrico delle pareti interessate alla lavorazione e detraendo i vuoti di area superiore ad 1 mq

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

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 28
5.1 NORME GENERALI 28
5.2 CRITERI DI MISURA 29
5.2.1 DIAFRAMMI E PALANCOLATE 29
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 45
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 rigidezza 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 dovuto 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 lo realizzazione si ha asportazione del terreno.

La scelto 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 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 palancola 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 rotopercussione, 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 ≤ 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 sondine 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 istallata.

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 provvisionale.

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'analoga 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 N/mm^2
- limite elastico f_y = 390 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 discariche 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 rotopercussione, 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 discarica.

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 precarica 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 m^3 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 esposte.

Per ciascun palo l'Impresa dovrà redigere una scheda dove verranno riportati i risultati dei controlli delle tolleranze:

- sul perimetro: uguale al ± 2%;
- deviazione dell'asse del palo rispetto all'asse di progetto (verticalità): ≤ ± 3% (2% nel caso di pali infissi gettati in opera);
- errore rispetto alla posizione planimetrica: ≤ 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 m^3 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 m^3 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 dl progetto: ≤ S 2,5%;
- errore rispetto alla posizione planimetrica: ± 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 rotopercussione, 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-percussione con martello a fondo-foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata ≥ 10 m^3/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 miscelazioni con il fluido di perforazione. Si dovrà accertare la necessità o meno di effettuare rabbocchi, 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 indicazione 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 sottoplinto, 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 scovolati 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 elettrosaldata, di tipologie e dimensioni come riportate negli elaborati progettuali.

Qualora ricorra la possibilità che possano derivare danni alle proprietà limitrofe, il benestare 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 benestare 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 obbligata.

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, eseguito 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 un 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 interrate; 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 DII43-81 "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, ne qual saranno riportati tra l'altro: data ed ora di ogni variazione del carico, le corrispondenti letture dei flessimetri ed il 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:

$M \geq 1{,}2 \cdot P_{prova} / g = 0{,}12\ P_{prova}$

La zavorra sarà sostenuta con una struttura costituita da una trave metallica di adeguata rigidezza 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 automatizzato 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 ≈ 120° 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 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'):

$\delta s \leq 0.025$ 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 ≥ 9) gradini di carico **δ**P 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 **δ**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 Plim , e conseguentemente si interromperà la prova, allor-quando risulti verificata una delle seguenti condizioni:

- cedimento (P_{lim}) ≥ 2 cedimento (P_{lim} - **δ**P)
- cedimento (P_{lim}) ≥ 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 nonchè 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 rigidezza.

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 **δ**P, 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 (**δ**t = 15'): **s** ≤ 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 ≥ 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, allorquando misurando il cedimento s risulterà verificata una delle seguenti condizioni:

- $s(P_{lim}) \geq 2 \cdot s(Plim - \delta P)$
- $s(P_{lim}) \geq 0.2\ d + s_{el}$

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

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 18
2. ACCIAI 23
2.1. Caratteristiche tecniche 24
3. CASSEFORME 26
3.1. Caratteristiche tecniche 27
4. MALTE E CALCESTRUZZI DA RIPRISTINO STRUTTURALE E PROTEZIONE 28
4.1. Caratteristiche tecniche 30
5. ACCETTAZIONE E CONTROLLI 31
5.1. Controllo delle certificazioni per materie prime e prodotti 32
5.2. Prequalifica e qualifica 32
5.2.1. Prequalifica e qualifica dei conglomerati cementizi 32
5.2.1.1. Calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato 33
5.2.1.2. Calcestruzzo prodotto con processo industrializzato 36
5.2.1.3. Qualifica dei calcestruzzi speciali 37
5.2.2. Qualifica delle malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione 41
5.2.3. Qualifica degli acciai 42
5.2.3.1. Acciaio per c.a. 42
5.2.3.2. Acciaio per c.a.p. 44
5.3. Controlli in corso d'opera 44
5.3.1. Controlli in corso d'opera sui conglomerati cementizi 44
5.3.1.1. Controlli di accettazione sui conglomerati cementizi 44
5.3.1.2. Controllo della resistenza del calcestruzzo messo in opera 48
5.3.1.3. Controlli aggiuntivi sui calcestruzzi speciali 50

5.3.2. Controlli sulle malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione ... 51
5.3.3. Controlli sugli acciai ... 52
5.4. Laboratori accreditati e autorizzati ... 54

6. MODALITÀ DI ESECUZIONE ... 55
6.1. Confezionamento dei conglomerati cementizi ... 56
6.2. Trasporto dei conglomerati cementizi ... 56
6.3. Posa in opera dei conglomerati cementizi ... 58
6.3.1. Operazioni preliminari ... 58
6.3.2. Getto del calcestruzzo ... 58
6.3.3. Posa in opera in climi freddi ... 61
6.3.4. Posa in opera in climi caldi ... 62
6.3.5. Riprese di getto ... 63
6.3.5.1. Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo fresco ... 64
6.3.5.2. Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito ... 64
6.4. Casseforme ... 65
6.4.1. Pulizia e trattamento delle casseforme ... 65
6.4.2. Predisposizione di fori, tracce e cavità ... 66
6.5. Stagionatura e disarmo ... 66
6.5.1. Prevenzione delle fessure da rituro plastico sulle superfici non casserate ... 66
6.5.2. Rimozione dei casseri e maturazione umida ... 68
6.5.3. Maturazione accelerata con trattamenti termici ... 69
6.5.4. Regolarità delle superfici casserate ... 70
6.6. Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio ... 70
6.7. Armature per c.a. ... 72
6.8. Armature di precompressione ... 73
6.8.1. Fili, barre e trefoli ... 74
6.8.2. Tesatura delle armature di precompressione ... 75

6.8.3. Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. nuove ... 75
6.8.3.1. Misura della fluidità con il cono di Marsh ... 77
6.8.4. Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. esistenti ... 78
6.8.4.1. Requisiti comuni ... 78
6.8.4.2. Sistemi epossidici ... 79
6.8.4.3. Boiacche cementizie ... 80
6.8.5. Modalità di iniezione ... 80
6.8.5.1. Iniezioni tradizionali ... 80
6.8.5.2. Iniezioni sottovuoto ... 81
6.8.6. Prove ... 82
6.9. Malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione ... 82
6.10. Tolleranze di esecuzione ... 83

7. MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE ... 84
7.1. Norme generali ... 85
7.2. Criteri di misura ... 86
7.2.1. Conglomerati cementizi ... 86
7.2.2. Casseforme ... 87
7.2.3. Acciaio per c.a. e c.a.p. ... 88

8. NON CONFORMITÀ E SANZIONI ... 89
8.1. Conglomerati cementizi ... 89
8.2. Acciaio per c.a. e c.a.p. ... 92

9. COLLAUDO ... 93

10. MANUTENZIONE ... 93
10.1. Contenuti ed articolazione del Piano di Manutenzione ... 94

11. NORMATIVE E RIFERIMENTI ... 94
11.1. Leggi e normative sugli aspetti strutturali ... 95

11.2. Leggi e normative inerenti il rilascio della Marcatura CE 95

12. APPENDICE 99

12.1. Caratteristiche dei materiali costituenti i conglomerati cementizi 99

12.1.1. Cemento 99

12.1.1.1. Considerazioni generali 99

12.1.1.2. Controlli sul cemento 100

12.1.2. Aggiunte minerali 101

12.1.2.1. Considerazioni generali 101

12.1.2.2. Ceneri volanti 102

12.1.2.3. Fumo di silice 104

12.1.2.4. Loppa d'altoforno macinata 105

12.1.2.5. Altri tipi di aggiunta minerale ad attività pozzolanica 105

12.1.3. Aggregati 105

12.1.4. Acqua di impasto 107

12.1.5. Additivi 107

12.1.6. Agenti espansivi non metallici 108

12.2. Fibre 109

12.2.1. Fibre per uso strutturale 109

12.2.1.1. Caratteristiche tecniche 110

12.3. Caratteristiche dei conglomerati cementizi 111

12.3.1. Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati 111

12.3.2. Lavorabilità 111

12.3.3. Rapporto acqua/cemento 112

12.3.4. Massa volumica 114

12.3.5. Contenuto di aria 115

12.3.6. Acqua di bleeding 115

12.3.7. Misura della temperatura del calcestruzzo al getto 116

12.3.8. Contenuto di cloruri nel calcestruzzo 116

12.3.9. Grado di compattazione 116

12.3.10. Tempo di presa 116

12.3.11. Requisiti aggiuntivi 117

12.3.11.1.Resistenza a trazione indiretta 117
12.3.11.2.Resistenza a flessione 117
12.3.11.3.Modulo elastico statico e dinamico 117
12.3.11.4.Deformazione viscosa 118
12.3.11.5.Ritiro idraulico libero 118
12.3.11.6.Espansione contrastata 119
12.3.11.7.Permeabilità all'acqua 119
12.3.11.8.Gradiente e ritiro termico 119
12.4. Specificazione dei calcestruzzi proiettati 121
12.5. Acciaio per c.a.: zincatura a caldo per immersione 122

13. ALLEGATI 124
13.1. ALLEGATO 1: CONTROLLI SUL CEMENTO 125
13.2. ALLEGATO 2: CONTROLLI SULLE CENERI VOLANTI 127
13.3. ALLEGATO 3: CONTROLLI SUL FUMO DI SILICE 131
13.4. ALLEGATO 4: CONTROLLI SU LOPPA D'ALTOFORNO GRANULATA MACINATA 132
13.5. ALLEGATO 5: CONTROLLI SUGLI AGGREGATI PER CALCESTRUZZO 134
13.6. ALLEGATO 6: CONTROLLI SU ACQUA D'IMPASTO PER CALCESTRUZZO 139
13.7. ALLEGATO 7: CONTROLLI SU ADDITIVI ED AGENTI ESPANSIVI 142
13.8. ALLEGATO 8: CONTROLLI SULLE FIBRE 145
13.9. ALLEGATO 9: CONTROLLI SULLE MISCELE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO 150
13.10. ALLEGATO 10 161

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 sotterraneo.

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 (RCK>=25 N/mmq)
  - B.03.030.b - CLASSE DI RESISTENZA C25/30 (RCK>=30 N/mmq)
- 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 (RCK>=30 N/mmq)
  - B.03.031.b - CLASSE DI RESISTENZA C28/35 (RCK>=35 N/mmq)

- B.03.031.c - CLASSE DI RESISTENZA C32/40 (RCK>=40 N/mmq)
- B.03.031.d - CLASSE DI RESISTENZA C35/45 (RCK>=45 N/mmq)

- 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 (RCK>=30 N/mmq)
  - B.03.035.b - CLASSE DI RESISTENZA C28/35 (RCK>=35 N/mmq)
  - B.03.035.c - CLASSE DI RESISTENZA C32/40 (RCK>=40 N/mmq)
  - B.03.035.d - CLASSE DI RESISTENZA C35/45 (RCK>=45 N/mmq)
- 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 (RCK>=50 N/mmq)
  - B.03.040.b - CLASSE DI RESISTENZA C45/55 (RCK>=55 N/mmq)
- 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 (Rck =>20N/mmq)
  - 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/mmq) 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/mmq) 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 CEMENTIZIOPER RIVESTIMENTO IN SOTTERRANEO
  - C.02.001.1.a - TIPO RCK >= 30 N/MMQ PER CALOTTA E PIEDRITTI
  - C.02.001.1.b - TIPO RCK >= 30 N/MMQ PER POZZI PROFONDITÀ < 50 M
  - C.02.001.1.c - TIPO RCK >= 30 N/MMQ PER ARCO ROVESCIO
  - C.02.001.1.d - TIPO RCK >= 35 N/mmq PER CALOTTA O PIEDRITTI
  - C.02.001.1.e - TIPO RCK >= 35 N/mmq PER POZZI A PROFONDITÀ < 50 M
  - C.02.001.1.f - TIPO RCK >= 35 N/mmq PER GETTI DI ARCO ROVESCIO
  - C.02.002 MAGGIORAZIONE PER GETTO RIVESTIMENTO IN POZZI
  - C.02.002.a - TIPO RCK >= 35 N/MMQ PER POZZI PROFONDITÀ DA 50 A 100 M
  - C.02.002.b - TIPO RCK >= 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/mmq

- 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 + 0,1mm: 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 < 0,1mm: 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 CO_2 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 m^3) 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 possegga, 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	≤ 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
II									

II-A	XC4 XS1	C (32/40)	0.50	340	≤ 2,5%	32	S4-S5		Cl 0.4 (Cl 0,2 se in XS1)
II-B	XF4	C (28/35)	0.45	360	8 ± 1 % per D_{max} ≤10mm 6 ± 1 % per D_{max} = 10-20mm 5 ± 1 % per D_{max} ≥20mm	32	S4-S5		Cl 0.2
III									
III-A	XC4 XS1	C (32/40)	0.50	340	≤ 2,5%	32	S4-S5	In caso di grandi spessori* LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	Cl 0.4 (Cl 0,2 se in XS1)
III-B	XF2	C (25/30)	0,50	340	8 ± 1 % per D_{max} ≤10mm 6 ± 1 % per D_{max} = 10-20mm 5 ± 1 % per D_{max} ≥20mm	32	S4-S5	In caso di grandi spessori* LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	Cl 0.2
IV									
IV-A	XC4	C (32/40)	0.50	340	≤ 2,5%	32	S4-S5		Cl 0.4
IV-B	XF2	C(25/30)	0.50	340	8 ± 1 % per D_{max} ≤10mm 6 ± 1 % per D_{max} = 10-20mm 5 ± 1 % per D_{max} ≥20mm	32	S4-S5		Cl 0.2

V									
V-A	X0	C (20/25)	0.65	260	---	32	S4		Cl 0.4
V-B	XF2	C(25/30)	0.50	340	8 ± 1 % per D_{max} ≤10mm 6 ± 1 % per D_{max} = 10-20mm 5 ± 1 % per D_{max} ≥20mm	32	S4		Cl 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} < copri ferro;

D_{max} < interferro minimo – 5 mm;

D_{max} < ¼ 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:

- δT_{3gg} = 35°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 kJ/kg °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/m^3.

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/m^3) 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 precompresse);

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 precompresse	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 casserature. 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 casserature, 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 composizionali 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) ≤ 1%;

2) per acceleranti a base di silicati di sodio:
   - rapporto in peso SiO_2 /Na_2O ≥ 3,4;
   - contenuto di cloruri < 0,1%;
   - pH ≤ di 11,5;

3) per conglomerati proiettati esposti ad attacco solfatico:
   - contenuto di alluminati (espressi come Al_2O_3) ≤ 0,6% in peso sul cemento per additivi contenenti alcali;
   - contenuto di alluminati (espressi come Al_2O_3) ≤ 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 ELETTROSALDATA
  - 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 SOVRAPREZZO 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/mmq
- B.05.056 TRECCIA X PRECOMPRESSO ACCIAIO QUAL. DIAM. FP(0.2)K 1600 N/mmq
- B.05.057 TREFOLO PER PRECOMPRESSO IN ACCIAIO FP(1)K 1600 N/mmq
- B.05.065 ACCIAIO IN BARRE TIPO DIWIDAG X C.A.P. CON FPYK > 835 N/mmq
  - B.05.065.a - BARRE AVENTI FPYK > 835 N/mmq ED FPTK > 1030 N/mmq
  - B.05.065.b - BARRE AVENTI FPYK > 1080 N/mmq ED FPTK > 1230 N/mmq
- 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 ELETTRO 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 mm ≤ Ø ≤ 40 mm), rotoli (6 mm ≤ Ø ≤ 16 mm);
  - prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri ≤ 16mm;
  - reti elettrosaldate: 6 mm ≤ Ø ≤ 16 mm;
  - tralicci elettrosaldati 6 mm ≤ Ø ≤ 16 mm
- acciaio tipo B450A
  - barre d'acciaio (5 mm ≤ Ø ≤ 10 mm), rotoli (5 mm ≤ Ø ≤ 10 mm);
  - prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri ≤ 10mm;
  - reti elettrosaldate: 5 mm ≤ Ø ≤ 10 mm;
  - tralicci elettrosaldati 5 mm ≤ Ø ≤ 10 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 $f_{y\,nom}$ e rottura $f_{t\,nom}$ degli acciai B450C e B450A

$f_{y\,nom}$	450 N/mm²
$f_{t\,nom}$	540 N/mm²

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 ±10% dalla quantità di 610 g/m^2 di superficie effettivamente rivestita, corrisponderà ad uno spessore di 85 µm ± 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 SOVRAPREZZO 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 sotterraneo:
- 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-compressi 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 ≥ 85 MPA
- B.09.260 CLS A RITIRO COMPENSATO PREMISCELATO, CONSISTENZA S4/S5
  - B.09.260.a - RCK ≥ 45 MPA E AGGREGATI
  - B.09.260.b - RCK ≥ 65 MPA E AGGREGATI RINFORZATO CON FIBRE SINTETICHE
  - B.09.260.c - RCK ≥ 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: poliacrilonistrile), 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

<table>
<tr><td rowspan="5">TECNICHE APPLICAZIONE</td><td>Iniezione</td><td colspan="4">Boiacche cementizie e formulati con resine</td><td colspan="10"></td></tr>
<tr><td>Rasatura</td><td colspan="4">Malte fini tixotropiche</td><td colspan="10"></td></tr>
<tr><td>Spruzzo o rinzaffo</td><td colspan="3"></td><td colspan="6">Malte tixotropiche</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Colaggio</td><td colspan="3"></td><td colspan="6">Malte colabili</td><td colspan="4">Betoncini colabili</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="7"></td><td colspan="3"></td><td colspan="2">Calcestruzzi (S4)-S5 vibrati o SCC colato</td></tr>
</table>

NOTE alla Tabella 7

Boiacche: solo legante e filler; **Malte fini**: Dmax fino a 2 mm; **Malte**: D_{max} fino a 4-6 mm

Betoncini: D_{max} fino a 16 mm; **Calcestruzzi**: D_{max} < ¼ 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} > 6mm (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 m^3, 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 de 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 ±20mm 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 ±10% dal valore indicato nella relazione di prequalifica

3. Il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco non si discosti di più del ±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 preconfezionamento 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 preconfezionato, 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 preconfezionato. 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 preconfezionamento 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 contradditorio con l'impresa, la qualifica delle miscele presso l'impianto di preconfezionamento 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 nei 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 ≥400 μm/m; a 7 giorni ≥200 μm/m; a 28 giorni ≥100 μm/m; a 90 giorni ≥ 0 μm/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 flesso 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 m^3 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 m^3);

- 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 scassero 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 termostatato 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 Circolare esplicativa 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 rimovibili deve essere registrata sul verbale di prelievo e/o di prova.

L'assenza di armatura in corrispondenza dei punti di prova di sui 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, nel 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 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 contradditorio 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 possegga 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	*Non necessita compattazione (salvo indicazioni specifiche della D.L.)*

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 staggiate;
- ± 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÷5°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 provvisionali 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 boiacca 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 rituro plastico sulle superfici non casserate

Le **superfici in calcestruzzo non casserate**, 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 casserate

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 butiadene), a struttura paraffinica (bitile), a struttura complessa (silicone poliuretano, poliossipropilene, poliossicloropropilene 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

Ø ≤ 16 mm	4 Ø
Ø > 16 mm	7 Ø

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 boiacca di cemento reoplastica, fluida pompabile ed a ritiro compensato (è richiesto un leggero effetto espansivo).

Tale boiacca 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 boiacca 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 boiacca in uscita sarà paragonabile a quella in entrata. Si dovrà provvedere con appositi contenitori, affinché la boiacca 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 boiacca dovrà essere vagliata con setaccio avente maglia di 2 mm di lato;

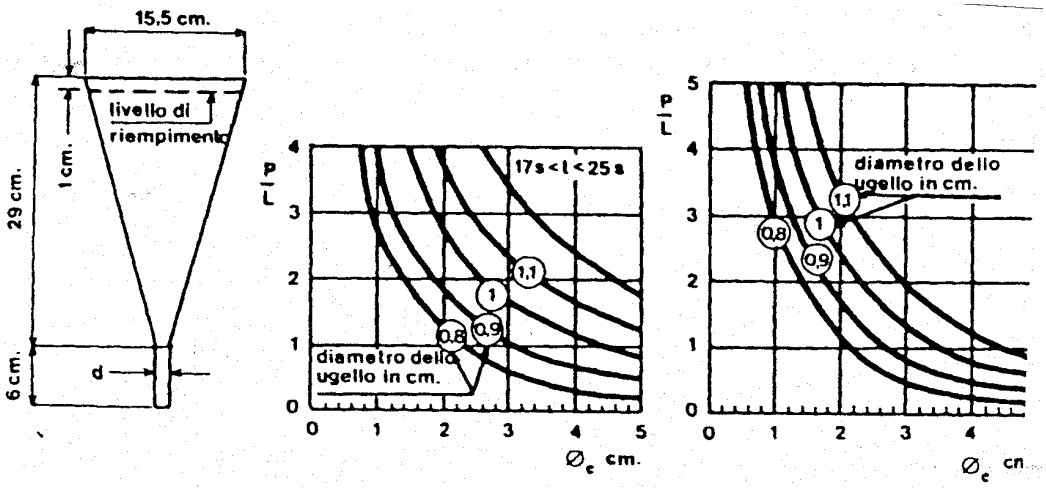
- è tassativamente prescritta la disposizione di tubi di sfiato in corrispondenza di tutti i punti più elevati di ciascun cavo, comprese le trombette ed i cavi terminali. Ugualmente, dovranno esserci tubi di sfiato nei punti più bassi dei cavi lunghi e con forte dislivello. All'entrata di ogni guaina 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 boiacca sarà determinata misurando il tempo totale di scolo di 1000 cm^3 di boiacca essendo il cono, inizialmente riempito con 2000 cm^3 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/cm²)
L = lunghezza della guaina (cm)
$\emptyset_e = \sqrt{\emptyset\ G^2 - n. \times \emptyset\ f^2}$ [diametro equivalente in funzione della guaina (Ø G), del diametro dei fili (Ø f) e del loro numero (n.)].

(2) *Misura della essudazione della malta.*
Si opera con una provetta graduata cilindrica (250 cm³, Ø 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 miscele 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±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±5%. La sua determinazione potrà essere fatta mediante misura diretta o con tazza FORD 4 termostatata (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 cm^3 non dovrà essere superiore a 30 sec nella boiacca appena confezionata e dovrà mantenersi costante per almeno 30 min;
- **ritiro**: la boiacca 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/m^3.

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 mezzeria 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 contalitri) 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_l*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 el 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 = ± 2,0cm
  - dimensioni in pianta: S = - 3,0 cm o + 5,0 cm
  - dimensioni in altezza (superiore): S = - 0,5 cm o + 2,0 cm
  - quota altimetrica estradosso: S = - 0,5 cm o + 2,0 cm
- Strutture in elevazione: pile, spalle, muri, ecc.:

- posizionamento rispetto alle coordinate degli allineamenti di progetto: S = ±2,0 cm
- dimensione in pianta (anche per pila piena): S = - 0,5 cm o + 2,0 cm
- spessore muri, pareti, pile cave o spalle: S = - 0,5 cm o + 2,0 cm
- quota altimetrica sommità: S = ± 1-5 cm
- verticalità per H ≤600 cm: S = ± 2-0 cm
- verticalità per H > 600 cm: S = ± H/12

- Solette e solettoni per impalcati, solai in genere:
  - spessore: S = -0,5 cm o + 1,0 cm
  - quota altimetrica estradosso: S = ± 1,0 cm
- Vani, cassette, inserterie:
  - posizionamento e dimensione vani e cassette: S = ± 1,5 cm
  - posizionamenti inserti (piastre, boccole): S = ± 1,0 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 Criteri di misura

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 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/dm^3.

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 esisto 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 sovraprezzi 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'aera totale di interventi, su tali superfici (o volumi) verrà applicata la sanzione del 25% per tutti i prezzi ed i sovraprezzi con i quali è stato compensato il lavoro non idoneo.

Se l'incidenza delle aree fessurata 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 sovraprezzi 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 ciò, 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
- 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 preconfezionamento 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 preconfezionamento 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 52.5 N, R	0.4
CEM II/A	32.5 N, R	0.2

	42.5 N, R	
CEM III/A	32.5 N, R 42.5 N, R	0.2
CEM IV/A	32.5 N, R 42.5 N, R	0.2
CEM V/A	32.5 N, R 42.5 N, R	0.2

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 × cv) non deve essere inferiore al dosaggio minimo di cemento richiesto per la specifica classe di esposizione;
- il rapporto a/(c + k × 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 × cv) e del rapporto a/(c + k × 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 ≤ 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 × 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 ≤300 kg/m^3;

- il rapporto a/(c + k × 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 × fs) e del rapporto a/(c + k × fs) deve soddisfare il requisito: fs/c ≤ 0.11

13.1.2.4 Loppa d'altoforno macinata

La loppa d'altoforno macinata (ggbs), 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 × ggbs) e del rapporto a/(c + k × ggbs) deve soddisfare il requisito:

- ggbs/c ≤ 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 /m^3.

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 ±30min rispetto a quelli del calcestruzzo non additivato di pari classe di consistenza;

- le 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 µm/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 ≥ 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 < copriferro
- DMAX < interferro minimo – 5 mm
- DMAX < ¼ 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 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/m^3) 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 benestare 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 benestare 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 essiccatura 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 sarà 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 scassero 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 sono 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 (Mv) 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 composizionale, 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 ≥ 0 µm/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 ≤ 50 mm e quella media ≤ 20 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} 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 (δT_{1max});

- 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 (δT_{2max});

- 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 (δT_{3max}).

L'Impresa dovrà definire, per ogni condizione di temperatura ambiente, modalità e tempi di casseratura in modo che, fino alla rimozione dei casseri, siano soddisfatte tutte le seguenti condizioni:

- T_{max} $\leq 65°C$

- δT_{1max} $< 50°C$

- δT_{2max} $\leq 20°C$

- $\delta T_{3max} \leq 20°C$

Eventuali deroghe ai valori di δT_{2max} e δT_{3max}, 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 casserature ed ai tempi di scassero 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 fibrorinforzati);
- 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 preriscaldo 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.

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.

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_2O e Na_2O 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	Inizio fornitura
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_3A(UNI EN 196-2)	UNI EN 197/1 Tab5	verifica solo nel caso di cem resistenti ai solfati		R solo per cem SR	Solo Inizio fornitura

			=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%)			
A 1.3	Verifica dei requisiti fisici e meccanici:	UNI EN 197/1 Tab 3				
A 1.3.1	resistenza a compressione iniziale a 2 gg (N/mm^2)		≥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)		≥ 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)		≥ 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)		≥ 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 idrataz. (41h UNI EN 196/8, 7gg UNI EN 196/9)	§ 7.2.3 UNI EN 197/1	≤270J/g (+30)	Per tutti i cementi		

*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.

14.2 ALLEGATO 2: CONTROLLI SULLE CENERI VOLANTI

	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 ≤ 0,33; k=0,4 con CEM II/A, cv/c ≤ 0,25; k= 0,2 con CEM III/A, CEM IV/A e CEM V/A cv/c ≤ 0,20 (indicaz. CSA) (c + k × cv) ≥cem min. Classi esp. UNI 11104 a/(c + k × cv) ≤ a/c 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 ≤ 5% - tolleranza +2% Cat. B ≤ 7% - tolleranza +2% Cat. C ≤ 9% - tolleranza +2%	R	X
A 2.2.3	Cl^-(cloruri) (UNI EN 196/2)		≤ 0,1%	R	X
A 2.2.4	SO_3 (anidride solforica) (UNI EN 196/2)		≤ 3% - tolleranza +0,5%	R	X
A 2.2.5	ossido di calcio libero (UNI EN 451-1)		≤ 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)		≤ 10 %- tolleranza +1%		
A 2.2.7	Ossido di silicio reattivo (UNI EN 197-1)		≥25 %		
A 2.2.8	$SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3$ (UNI EN 196-2)		≥70 %- tolleranza -5%		
A 2.2.9	Na_2O eq (UNI EN 196-2)		≤5 %- tolleranza +0,5%	R	X
A 2.2.10	MgO (UNI EN 196-2)		≤4 %...		
A 2.2.11	P_2O_5 tot ISO 29581-2 e P_2O_5 solubile (Annesso C EN 450-1)		≤5 %- tolleranza +0,5% ≤100mg/kg		
A 2.2.12	stabilità volumetrica 30% cv+70%cem rif. (UNI EN 196-3)		≤ 10 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 ≤ 40% - tolleranza +5% e valore dich. ±10% Cat. S ≤ 12% - tolleranza +1%		
A 2.3.2	massa volumica reale (UNI EN 1097-7)		valore medio dichiarato ±200 kg/m^3, tolleranza ±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 ≥75% - tolleranza -5% A 90gg≥85% - 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 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	UNI EN 13263-1/ 2009			
A3.1	Verifica documentazione:				
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 a\c >0,45 in cl.esp.XC e XF) fs≤ 0,11 cem conteggiabile in k × fs (c + k × fs) ≥cemmin. 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	§ 5.2 UNI EN 13263-1			
A 3.2.1	SiO_2(UNI EN 196-2)		≥ 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_2O 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	§ 5.3 UNI EN 13263-1			
A 3.3.1	superficie specifica (ISO 9277)		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 malta10% 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	UNI EN 15167-1/ 2006			
A 2.1	Verifica documentazione:				
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_2S (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_2O_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_2O 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%	R	X
			A 28gg≥70% - tolleranza -5%		

*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	UNI EN 12620/ 2013 + UNI 8520/2-2005			
A 5.1	Verifica documentazione				
A 5.1.1	Verifica attestato conformità CE		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 ≤ 0,10%; se >0,10% eseguire prova a lungo termine; prova a lungo termine ≤0,05 a 3 mesi e ≤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	prosp. 5 e 7	SO_3 ≤ 0,8% per aggregati fini e filler	R	X

	(p.to 12 UNI EN 1744/1)	UNI 8520-2	SO_3 ≤ 0,2% per aggregati grossi		
A 5.2.5	contenuto totale di zolfo (nel caso di presenza di solfuri ossidabili) (p.to 11UNI EN 1744/1)		S≤ 1% per aggregati naturali e filler S ≤ 2% per loppe altoforno ≤ 0,1%		
A 5.2.6	contenuto di cloruri solubili in acqua (p.to 7 UNI EN 1744/1)		≤ 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 14.2UNI EN 1744/1)		Aggr. fini ≤ 0,5% Aggr. grossi ≤ 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 ≤ 120' Riduzione Rc a 28gg rispetto a malta riferimento ≤ 20%		
A 5.2.9	Disintegrazione del silicato di calcico 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	≥ 2300 kg/m^3 Per filler ≥ 2000 kg/m^3	R	X
A 5.3.2	assorbimento d'acqua (UNI EN 1097-6)	prosp. 4 UNI 8520-2	≤ 4% (limite capitolato) Se ≥ 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 µm (UNI EN 933/2)		Sabbia o misto non frantum. ≤ 3% Sabbia frantum.da depositi alluvion. ≤ 10% Sabbia frantum.da roccia≤ 16% Aggr. grossi non frantum. ≤ 1,5% Aggr. grossi frantum. ≤ 4%	R	X ***
A 5.3.5	Equivalente in sabbia, SE su fraz. ≤ 4mm (EN 933/8)	UNI 8520/2 UNI	Solo in caso di superamento dei limiti del passante a 63 µm ≥80 per aggregati non frantumati ≥70 per aggregati frantumati	R (se pass. 63 µm oltre i limiti)	X (se pass. 63 µm oltre i limiti)
A 5.3.6	Valore di blu di metilene, MB su fraz. ≤ 2mm (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 ≤ 1,2 g/kg, Per i filler ≤ 12 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 28gg ≥85% R_c con aggregato noto E_s 28gg ≥90% E_s con aggregato noto		
	Prove aggiuntive per particolari utilizzi				
A 5.3.8	Resistenza alla frammentazione aggregati grossi (UNI EN 1097/2)	Prosp.6 8520/2	dichiarata secondo le categorie del prospetto 16 della EN 12620 (per cls R_{ck} ≥C50/60, LA≤ LA_{30})	R (per R_{ck} ≥ 50MPa)	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)		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 $F_{EC}2$)	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 ≤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		
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		CONTROLLIPR EQUAL. 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		$\geq$ 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$\leq$ 1% in peso massa totale aggregati; Acqua da altre:fonti sedimento $\leq$4ml	X	X
A 6.2.8	Massa volumica	§ 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.5 App. A4, procedura di misura da specificare in manuale FPC es.)				
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_2O 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_2O_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 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		CONTROLLIPREQUAL. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI (tolleranze 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	Prosp. 1 UN EN 934/1	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)		D±0,03 se D>1,1kg/l D±0,02 se D≤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≤X≤1,05T se T≥20% 0,90T≤X≤1,10T se T≤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)		≤ 0,1% in massa (prodotto "senza cloruri") o ≤ valore dichiarato produttore		
A 7a.2.7	Alcali Na_2O eq. (UNI EN 480/8)		≤% 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	UNI 8146 § 2.7NTC sez. 2 - CSA	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		t.p. cls con espansivo = t.p. cls senza	X	
A 7b.2.2	Resistenza a compressione a 28gg (UNI EN 12390/8)		Rccls con espansivo ≥Rccls senza espansivo pari consistenza	X	
A 7b.2.3	Espansione contrastata (UNI 8148 metodo A, in acqua satura di calce)		a 7gg ≥ 200μm/m; a 28gg ≥esp. 7gg	X	

	(UNI 8148 metodo B, UR>95% con pellicola plastica per 2gg, poi a UR 55±5%)		Salvo diverse specifiche di progetto: a 1gg ≥ 400μm/m; a 7gg ≥200μm/m; a 28gg ≥100μm/m; a 90gg ≥0μm/m	X	Inizio fornitura e ogni 10000mc cls fornito

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	RIFERIMENTI		CONTROLLIP REQUAL. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI (tolleranze 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	
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 DLlegate a particolari criticità dell'opera (vedi prove raccomandate R), in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sugli additivicon 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 additi vati riportate in Allegato 9 oal §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 934/2,4,5corredato 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) , ritentori 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	UNI EN 14889-1 (metalliche)			
A8a.1	Verifica documentazione:				
A 8a.1.1	Verifica attestato conformità CE		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	(§ 5.1. UNI EN 14889-1)			
A 8a.2.1	Classificazione gruppo in base tipologia produzione e forma		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 superfludificanti	Vedi verifiche Allegato 9	
A 8a.3.2	Effetto sulla resistenza a flessione residua su travi intagliate e caricate in mezzeria (EN 14845-2, EN 14651)	§ 5.8 UNI EN 14889-1	Dosaggio di fibre dichiarato necessario a raggiungere Rf= 1,5MPa con CMOD =0,5mm e Rf=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 rifermento UNI EN 14845-1 rimandando direttamente al lE verifiche dei calcestruzzi fibrorinforzatida 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	UNI EN 14889-2 (polimer.)			
A 8b.1	Verifica documentazione:				
A 8b.1.1	Verifica attestato conformità CE		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 macofibre 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)		Variazione 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 superfludificanti	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 Rf= 1,5MPa con CMOD =0,47mm e Rf=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 rifermento 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. ±0,02%)	X (a/c = a/c prequal.±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. ±0,02%)	X (a/c= a/c prequal.±0,03%)	Prima fornitura e ogni 1500 mc di cls fornito (a/c= a/c qualifica ±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: ≤ 1% per cls normale (non armato) ≤ 0,4% per c.a. (≤0,2% se richiesto) ≤ 0,2% per c.a.p. (≤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	alla prima betoniera e poi alla stessa frequenza dei controlli di accettazione della Rc: ogni 100 mc/ogni giorno (prelievo del campione a 1/5 e 4/5 dello scarico)
A.9.3.2	Temperatura aria e cls (§ 3.4 NTC sez. 2 –CSA, precisione ≥1°C)	§ 8.4.1 e 8.4.2 NTC sez. 2 –CSA	Climi freddi: Aria e cls≥5°C Se aria 0-5°C, riscaldam. cls ≥10°C se aria -4- 0°C, solo getti fondaz.e riscaldam. cls≥10°C se aria < -4°c sospensione getti Climi caldi: Aria e cassaforme≤33°C Se aria >33°C ° raffreddamento cls≤25°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	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** (oltrei 25cm passare a	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	X (verifiche a fine miscelazione a 0'-30'-60', se previsto 90' e 120'	X (Ripetizione su 3 impasti: su un impasto verifiche a fine miscelazione a 0'-30'-60' , se previsto	

		consistenza≥S4 con mantenimento per 60')	misura spandimento)	FB6: ≥ 63 cm		90' e 120'; su altri due impasti solo a 0')	
			Tolleranza di ± 20 mm tra un impasto e l'altro all'interno della classe di consistenza				
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)* § 3.3 e Tab II NTC sez. 2 -CSA	Slump-flow(D_{max}≤ 40mm): SF1: 550-650mm (±50mm) SF2: 660-750mm (±50mm) SF3: 750-850mm(±50mm) Tempo spandimento 500mm VS1: < 2 sec; VS2: ≥ 2 sec (±1sec)				
	(EN 12350/9 Prova del tempo di efflusso-V Funnel)		Tempo svuotamento (D_{max}≤ 22,4mm): VF1: < 9(±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} /$H_{inziale}$: PL1≥ 0,80 con 2 barre; PL2 ≥ 0,80 con 3 barre				
	(EN 12350/12 Prova di scorrimento confinato mediante anello a J)		Diff. abbassamento cls dentro e fuori J ring: (D_{max}≤ 40mm):				

			PJ1≤ 10mm con 12 barre PJ2 ≤ 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	§ 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;

	(UNI EN 12350/6)					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	$R_{cm} = R_{cmpreq.} \pm 10\%$ (solo su una miscela delle tre)	Se previste, secondo frequenze specifico progetto
	R_{ck} a 28gg			$R_{imin} \geq R_{ck}$ $R_{cm} \geq R_{ck} + k$ (k= 2*sqm = 6-12, 12 se n.d.)	$R_{cm} = R_{cmpreq.} \pm 10\%$	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 90gg ≥ 0 µm/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 ≤ 50 mm valore medio ≤ 20 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	MisuraRc 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	Valutazione R_{ck}strutt. $\geq$ 0,85 R_{ck}prog.			Almeno 3 carote ogni 300mq per piano e per tipo di calcestruzzo
A.9.4.3	Indagini ultrasoniche (UNI EN 12504/4)		Valutazione comparativa disomogeneità calcestruzzo; Valutazione R_{ck}strutt. $\geq$ 0,85 R_{ck}prog. (solo previa taratura della prova su almeno 3 punti di carotaggio e preferibilmente in combinazione con misura ultrasoniche secondo metodo			Con N° carote $\geq$15, $f_{ckstrutt}$ = min tra $f_{cmstrutt}$-4 $f_{cmstrutt}$+ 1,48 s.q.m.
A.9.4.4	Indagini sclerometriche (UNI EN 12504/4)					Per N° carote <15, $f_{ckstrutt}$ = min tra $f_{cmstrutt}$-4

		del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive	SON-REB)			$f_{cmstrutt}$+ 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 roprttati 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 il triplo delle misure non distruttive tarate sulle rimanenti misure dirette (non meno di 3 in ogni caso)
A.9.4.4	Estrazione tasselli post-inseriti, Pull-out (UNI EN 12504/3)	UNI EN 13791	Valutazione comparativa disomogeneità calcestruzzo; Valutazione R_{ck}strutt. $\geq$ 0,85 R_{ck}prog. (solo previa taratura della prova su almeno 3 punti di carotaggio)			

*****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 m^3) 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.

14.10 ALLEGATO 10

14.11

14.12 TABELLA A10.1: Sintesi requisirti 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

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	§ 3.12.6 NTC sez. 2 –CSA	A seconda del sistema espansivo utilizzato, dosaggi e valori a breve termine da verificare in	X	X	Secondo prescrizioni specifico progetto

	(UNI 8148 met. B)		modo da ottenere un'espansione residua a 90gg ≥ 0 µm/m			

Tabella A10.3: Sintesi requisiti prestazionali aggiuntivi rispetto a prospetto A9 per calcestruzzi da ripristino strutturale con prove qualifica certificate (2/2)

	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 a\c ≤ 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% ± 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			
.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		$d_K \leq$ cls 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 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-§A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti §A9 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 fenolftaleina 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-§A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti §A9 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-§A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti §A9 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	*≥ 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	*frequenze controllo tipo A o B § 11.2.3 DM 14-01-02*	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo	*Come da controllo tipo A o B § 11.2.3 DM 14-01-02*
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	*Come da § 11.2.6 DM 14-01-02: R_{ck} in sito ≥ 0,85 R_{ck} progetto*
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	*≥ valore caratteristico dichiarato*
Aderenza in sito	Trazione diretta	EN 1542	Una volta per tipo di superficie o di elemento	SI	≤ resist trazione supporto;

					per malte e cls ripristini strutturali:1,2-1,5MPa; non strutturali :≥0,7MPa
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	*Prova in sito da correlare con EN 12390/8 i cui limiti sono penetrazioni* *Max ≤ 50mm;* *Media ≤ 20mm*

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-§A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti §A9 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-§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 (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 NF T 30-801 EN 12390-8	Una volta per valutare l'efficienza	SI	*Prova in sito da correlare con EN 12390/8 i cui limiti sono penetrazioni Max ≤ 50mm; Media ≤ 20mm*

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

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 15
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 38
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 Preregolazione 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 41
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 GUAINE 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

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 (marcatura 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 Benestare Tecnici 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:

- $f_y \geq 350$ N/mm^2;
- $f_u \geq 450$ 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 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 Ti=Tmin-5°C. La temperatura Ti andrà chiaramente indicata nelle relazioni del progetto d'officina.

La temperatura Tmin 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, Tmin dovrà essere calcolata in base alle espressioni riportate nell'Appendice A del presente Capitolato.

Sulla base del valore Ti ottenuto, verrà determinata la resilienza secondo quanto riportato in UNI EN 10025.

In mancanza delle suddette valutazioni sul valore di Ti, le qualità degli acciai non dovranno essere inferiori alla seguente tabella, valida per profili composti saldati:

	sp ≤ 20 [mm]	20 [mm] <sp ≤ 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:

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:

- 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; precarico 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 provvisionali 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.
- paramenti 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 lamiere 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 sottomettere 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 ± 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 lamiere non previsti a disegno

I giunti testa a testa di lamiere 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.

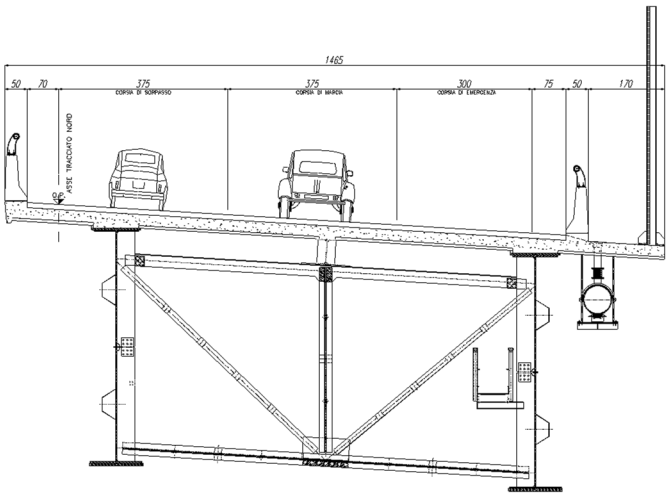
Come previsto dalla normativa vigente il Manuale di manutenzione deve prevedere anche la collocazione nell'intervento delle parti menzionate e la loro rappresentazione grafica.

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, traversi, 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 0.5xVn (Vn 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 lamiere, lamiere ondulate, 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.

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 guiane, 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 Techincal 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 provvisionali 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, magazzinaggio, 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 provvisionali 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 provvisionali 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 elemnti 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 "Specifica 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 ritesatura; 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°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 gettatati 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, calco-lato 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 necessari 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 "Specifica 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 Tmin e Tmax.

Il valore Tmax o Tmin , 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 Tmin e Tmax 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 soffietti neoprene che si estenderanno per tutta l'escursione dell'apparecchio. I fermi e i contrassegni 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 preregolazione di apparecchi e dispositivi.

Laddove possibile la preregolazione dovrà essere effettuata in officina; interventi di preregolazione 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 preregolazione saranno indicati nelle specifiche tecniche di posa in opera.

La preregolazione 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 contropiastra 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 contropiastra 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:

Dmin = radq(3.5*V/2.5*radq(Rck*fyk))

dove:

- V = forza di taglio (SLU o SLC) agente sulla zanca;
- Rck= resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo;
- fyk= tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio della zanca

,prevedendo una lunghezza della zanca almeno pari al valore massimo tra 25cm e 3*Dmin.

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 viscose 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 "Specifica 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 Tmin e Tmax.

Il valore Tmax o Tmin , 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 Tmin e Tmax 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 preregolazione di apparecchi e dispositivi.

Laddove possibile la preregolazione dovrà essere effettuata in officina; interventi di preregolazione 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 preregolazione saranno indicati nelle specifiche tecniche di posa in opera.

La preregolazione 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 impalcati 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 CAPPA 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 boiacca (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% (Vb - V = 7 - 10 in cui Vb 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 cosi 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 boiacca (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 m ≤ 10 mm, a 0,2 m ≤ 3 mm e di rugosità e dislivello ≤ 3 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 conil 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 cosi 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 GUAINE 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 boiacca (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 m ≤ 10 mm, a 0,2 m ≤ 3 mm e di rugosità e dislivello ≤ 3 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 mescola 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 delle temperatura dell'aria.

SCHEDA TECNICA CON CARATTERISTICHE MINIME DA GARANTIRE:

Densità	1,30 –1,35 g / cm³
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÷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.

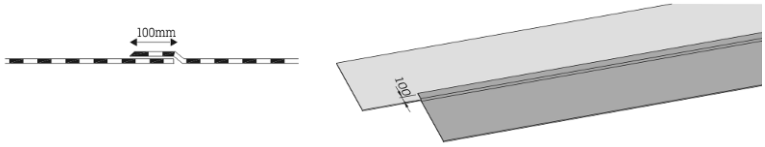
6.3.2.1 Disposizione dei teli

Prima della posa i rotoli vanno svolti e allineati per predisporne 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/m^2, 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.

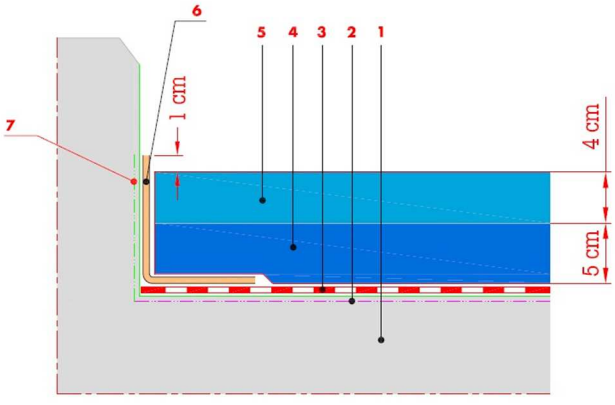
Il collegamento della membrana al piano di posa è eseguito a fiamma; la sfiammatura della mescola dei rotoli, con fiamma di un bruciatore a gas propano, dovrà interessare contemporaneamente sia la membrana che il supporto di posa, con prevalenza sul rotolo. Man mano che si procede con il riscaldamento, 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 completamento 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 sabbiatura 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 lo prove dovrà essere superiore a 1,00 kg/cm2.

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.

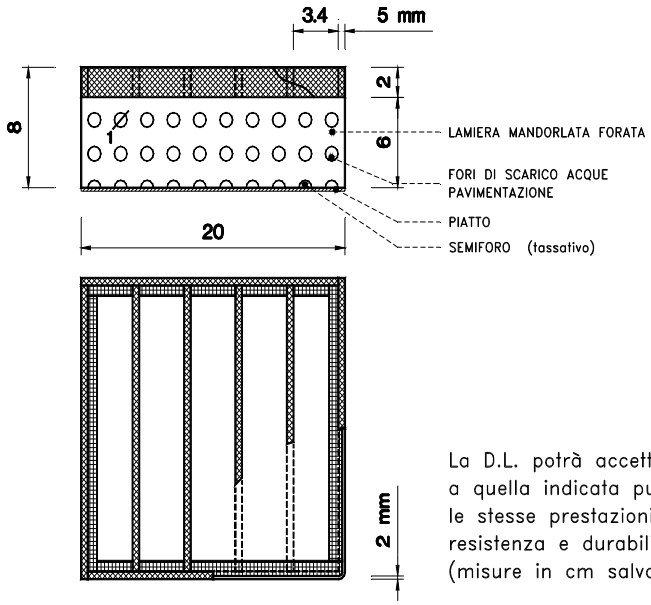
Ogni bocchettone dovrà essere costituito da una parte tubolare eduttiva, saldata in pezzo unico ad una piastra direttamente poggiata in un incavo predisposto dell'estradosso della soletta, regolarmente stuccata con stucchi epossidici, al di sopra della quale è distesa la impermeabilizzazione e, successivamente, 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).

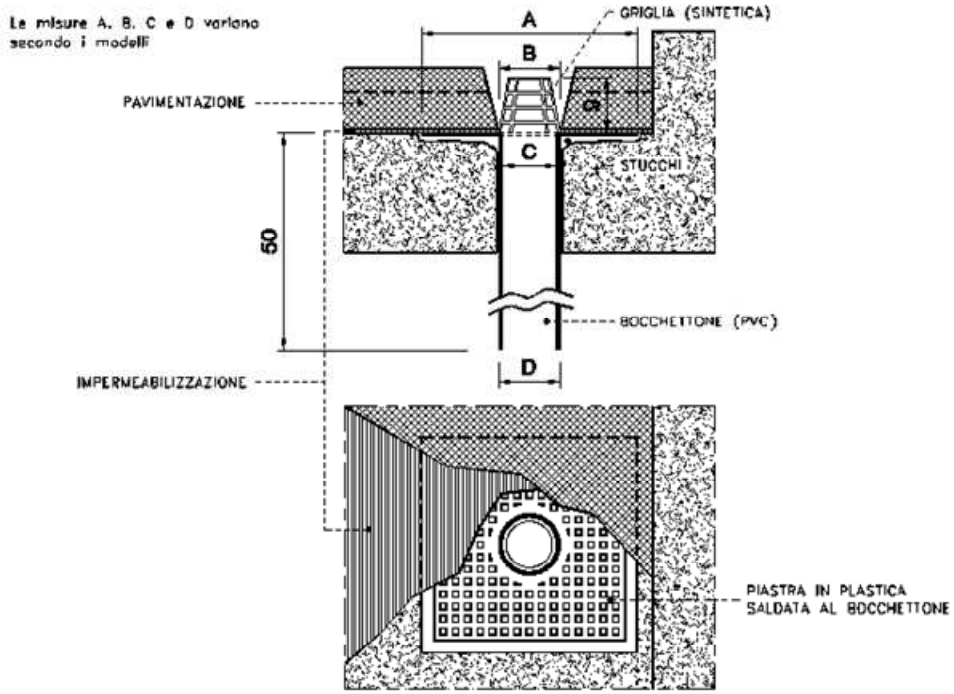
La sezione libera di deflusso dei bocchettoni dovrà essere dimensionata sulla base delle verifiche idrauliche e comunque mai inferiore a 78cm2.

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 alloggiate 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 alloggiate 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 eduzione 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.

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, Test, può assumere il valore Tmax o Tmin , 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, Tmax o Tmin 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, Tmax o Tmin 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:

- $T_{min} = -8 - 7 \cdot a_s / 1000$
- $T_{max} = 42 - 0.3 \cdot a_s / 1000$

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.05.18 - Rev. 1.0

Opere d'arte maggiori

Gallerie

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	Presidente	

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

INDICE

1 PREMESSA 5
2 ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI 7
3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 10
4 SCAVI 10
4.1 SCAVI A CIELO APERTO 10
4.1.1 Scavo completamente a cielo aperto 11
4.1.2 Scavo parzialmente a cielo aperto 11
4.2 SCAVI A FORO CIECO E IN ALLARGAMENTO DI GALLERIE ESISTENTI 12
4.2.1 Scavo con esplosivo 13
4.2.2 scavo in presenza di acqua 14
4.3 SCAVO MECCANIZZATO 16
4.3.1 Prescrizioni tecniche macchine da scavo 17
4.3.2 Materiali 19
4.3.3 Rivestimenti 19
4.4 SCAVO IN AMBIENTI GRISUTOSI 21
4.5 SCAVO DI POZZI 22
4.5.1 Scavo di pozzi in roccia verticali o inclinati mediante metodo di raise-boring 23
5 INTERVENTI DI PRESOSTEGNO E PRECONSOLIDAMENTO 25
5.1 PRECONSOLIDAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO CON TUBI IN VETRORESINA 25
5.2 PRECONSOLIDAMENTO MEDIANTE TRATTAMENTI COLONNARI (COLONNE CONSOLIDATE JET-GROUTING) 27
5.2.1 Armatura delle colonne 28
5.3 PRESOSTEGNO MEDIANTE INFILAGGI 28
5.4 PRESOSTEGNO DEL CONTORNO DI SCAVO CON TUBI IN ACCIAIO AUTOPERFORANTI CON INIEZIONI DINAMICHE AD ALTA PRESSIONE 32
5.5 CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO AL CONTORNO DELLO SCAVO MEDIANTE INIEZIONI DI MISCELE CEMENTIZIE 33
5.6 PRECONTENIMENTO MEDIANTE VOLTA CONTINUA IN ELEMENTI TRONCO-CONICI (PRETAGLIO) 33
5.6.1 Conglomerato cementizio spruzzato per la realizzazione di una volta continua in elementi tronco-conici (Pretaglio) 34
6 RIVESTIMENTI DI PRIMA FASE E INTERVENTI DI SOSTEGNO DEL CAVO 35

6.1 CENTINE METALLICHE, RETI DI ACCIAIO A MAGLIE ELETTROSALDATE, 35
6.2 ANCORAGGI 36
6.3 RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE 37
6.3.1 Rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio proiettato 37
6.3.2 Rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio proiettato fibrorinforzato 39
7 RIVESTIMENTI DEFINITIVI 39
7.1 RIVESTIMENTO DI SECONDA FASE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA 40
7.2 CASSEFORME 41
8 IMPERMEABILIZZAZIONI 41
8.1 IMPERMEABILIZZAZIONE CON GUAINA IN PVC 42
8.2 WATER-STOP IDROESPANSIVO 44
8.3 GIUNTO INIETTATO A TENUTA IDRAULICA PER RIPRESE DI GETTO 45
9 DRENAGGI 46
9.1 CANALETTE DI RACCOLTA 46
9.2 TUBI DRENANTI MICROFESSURATI 47
10 MONITORAGGIO 49
10.1.1 Misure dall'interno del cavo 51
10.1.2 Misure dall'esterno del cavo 54
10.2 MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA 56
10.2.1 Interpretazione e verifica in corso d'opera 60
10.3 MONITORAGGIO IN FASE DI ESERCIZIO 61
10.4 MONITORAGGIO PER SCAVO MECCANIZZATO 63
11 PROVE E CONTROLLI 64
11.1 DISPOSIZIONI GENERALI 64
11.2 SCAVI A CIELO APERTO 64
11.3 SCAVI A FORO CIECO 65
11.4 CENTINE METALLICHE, RETI DI ACCIAIO A MAGLIE ELETTROSALDATE E SCALETTE DI RINFORZO 67
11.5 ANCORAGGI 67
11.6 CONGLOMERATO CEMENTIZIO SPRUZZATO 67
11.7 CONGLOMERATO CEMENTIZIO SPRUZZATO FIBRORINFORZATO 67
11.8 CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA 68
11.9 CONCI PREFABBRICATI PER SCAVO MECCANIZZATO 68
11.9.1 Prove di qualifica e norme di riferimento 69
11.9.2 Tolleranze dimensionali 70

11.10 DRENAGGI 75
11.11 IMPERMEABILIZZAZIONE 75
11.12 PRECONSOLIDAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO 76
11.13 INIEZIONI 77
11.14 INFILAGGI 79
11.15 JET – GROUTING 80
11.16 PRECONTENIMENTO MEDIANTE VOLTA CONTINUA IN ELEMENTI TRONCO-CONICI (PRETAGLIO) 80
12 NORME PER LA MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE DEI LAVORI 81
12.1 GENERALITÀ 81
12.2 SCAVI 82
12.3 CALCESTRUZZO SPRUZZATO 83
12.4 CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA 84
12.5 IMPERMEABILIZZAZIONE 84
12.6 TIRANTI CHIODI E BULLONI 84
12.7 DRENAGGI 84
12.8 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO 85
12.9 TRATTAMENTI COLONNARI 85
12.10 INIEZIONI 85
12.11 PERFORAZIONI 85
13 NON CONFORMITÀ E SANZIONI 86
14 COLLAUDO 86
15 MANUTENZIONE 86
16 APPENDICE 87
16.1 1 – PRESCRIZIONI PER LO SCAVO IN TERRENI GRISUTOSI 87
16.1.1 Scavo a foro cieco in ambienti grisutosi 87
16.1.2 Lavorazioni di Monitoraggio Gas e Ventilazione in condizioni di scavo a foro cieco in ambienti grisutosi 89
16.1.3 Scavo Meccanizzato in ambienti grisutuosi 96
16.2 ISPEZIONE E MANUTENZIONE DEI SISTEMI DI CONTROLLO DELL'ESPLOSIVITÀ DELL'ATMOSFERA 102

1 PREMESSA

Il presente Capitolo contiene le prescrizioni, gli oneri di carattere generale, ed i controlli da eseguire, relativi a tutte le opere in sotterraneo quali:

- Gallerie artificiali

- Gallerie naturali con scavo tradizionale
- Gallerie naturali con scavo meccanizzato
- Gallerie naturali in allargamento
- Tutte le opere connesse alle gallerie (by-pass, nicchie, nicchioni, cameroni, finestre di accesso, cunicoli)
- Pozzi di areazione

Le gallerie naturali sono quelle definite come manufatti eseguiti a "foro cieco", ovvero opere in sotterraneo che sono costruite totalmente nel sottosuolo mediante operazioni coordinate di asportazione del terreno e/o della roccia in posto e di messa in opera degli eventuali interventi, necessari alla stabilizzazione della cavità a breve termine, e del rivestimento finale, che dovrà essere individuato in relazione alla tipologia di opera da realizzare e alla funzione ad esso assegnata (comprendendo anche le gallerie esistenti in ampliamento).

Le gallerie artificiali sono definite come manufatti realizzati totalmente o parzialmente dall'esterno e successivamente ritombati.

Le tipologie di intervento comuni ad entrambe le categorie sono:

- scavi
- consolidamenti
- prerivestimenti
- impermeabilizzazioni
- drenaggi
- rivestimenti

In relazione alla costante interazione terreno-struttura, le modalità esecutive vengono definite nel progetto e sono parte integrante di esso.

Le NTC2008, al Capitolo 6.7 "Opere in sotterraneo", definiscono le procedure tecniche per il progetto e la costruzione di gallerie.

Il progetto esecutivo delle opere in sotterraneo deve svilupparsi secondo le modalità indicate all'interno delle Capitolato d'oneri per la Progettazione e nel rispetto delle norme vigenti ed in particolare secondo i principi generali esposti all'interno delle NTC2008.

Il progetto esecutivo, dovrà individuare per ogni sezione di scavo, le caratteristiche geometriche e prestazionali dei consolidamenti (laddove presenti), le caratteristiche geometriche e pretazionali del prerivestimento e dei sostegni definitivi del cavo. Dovranno essere individuate le fasi e i tempi di realizzazione di ogni singola lavorazione dalla fase di consolidamento a quella di posa in opera del rivestimento definitivo. La descrizione delle Sezioni Tipo deve essere tale da contenere tutti gli

elementi necessari alla realizzazione dovranno essere definite le zone e le quantità di applicazionein maniera da coprire tutto lo sviluppo dell'opera da realizzare. Infine dovranno essere definite tutte le opere al contorno con lo stesso dettaglio della sezione corrente in galleria. Nel seguito saranno riportate solo le prescrizioni relative ai materiali, alle caratteristiche delle opere, nonché alle modalità esecutive che, indipendentemente dal metodo di scavo e di rivestimento adottato, servono a garantire la qualità nel tempo dell'opera finita.

Per tutto ciò che non è indicato nel presente Capitolato occorre fare riferimento al Progetto e, se allegato al contratto, al Capitolato Speciale.

Nel corso della realizzazione dell'opera si dovrà tenere conto che l'adeguamento del progetto alle reali condizioni del terreno riscontrate durante lo scavo (ove necessario) è di competenza del progettista.

2 ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI

L'impresa dovrà attenersi ai seguenti oneri generali:

- Prima di cominciare i lavori l'Impresa dovrà inviare alla DL gli elaborati di dettaglio del progetto che dovranno includere anche:
  - La dettagliata descrizione dei metodi, delle fasi e delle sequenze di scavo che verranno adottate per ciascuna sezione tipo prevista nel progetto in accordo con le prescrizioni del progetto stesso;
  - L'organizzazione dei cantieri di lavoro e le misure di sicurezza;
- La pianificazione delle prove da effettuare in corso d'opera in accordo alle eventuali prescizioni di progetto. L'impresa dovrà provvedere, con il procedere dei lavori, alla redazione del progetto "as built" che dovrà riportare tutti i dettagli relativi agli interventi effettivamente posti in opera e tutte le caratteristiche della galleria nella sua configurazione finale esso si comporrà di elaborati grafici e relazioni al pari del progetto esecutivo.
- La realizzazione delle opere (scavi, consolidamenti, opere di sostegno, rivestimenti, etc…) dovrà avvenire in conformità al progetto. Ove la natura dei terreni in sito risultasse difforme da quella ipotizzata in sede di progetto, l'Impresa dovrà fornire al progettista, tramite la DL, tutti i dati necessari affinché il progetto possa essere verificato ed eventualmente modificato a cura del progettista stesso;
- L'Impresa dovrà provvedere all'esecuzione di tutte le prove ed i rilievi previsti dal progetto o dalle presenti prescrizioni ed eventualmente richiesti dalla DL. Avrà inoltre l'onere di provvedere alla registrazione e archiviazione di tutti i dati e alla segnalazione tempestiva, alla DL di tutte le anomalie riscontrate;

- Per gli interventi di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione la DL potrà richiedere la realizzazione di adeguati campi prova per valutare la fattibilità e l'efficacia degli interventi stessi e per consentire il loro corretto dimensionamento. Le prove preliminari, ove previste, non costituiscono certificazione di qualità dei lavori, ma hanno soltanto lo scopo di provare la fattibilità e l'efficacia degli interventi previsti nel progetto. Gli oneri diretti e indiretti, connessi con la realizzazione dei campi prova sono compresi e compensati nei prezzi delle opere; solo nel caso in cui a seguito delle risultanze delle prove eseguite si ritenesse di non adottare gli interventi provati, all'Impresa saranno compensati, a misura, i solo interventi eseguiti e sottoposti a prove di verifica;
- Rientrano tra gli oneri dell'Impresa i ritardi e, in generale, i condizionamenti di qualunque natura sui cicli di lavoro e sulla produzione legati alla posa in opera dell'impermeabilizzazione sull'arco rovescio sia questa prevista dal progetto o richiesta dalla DL;
- L'Impresa dovrà provvedere alla realizzazione e manutenzione di strade di accesso alle opere in costruzione adeguate al transito dei mezzi di lavoro e dei mezzi di locomozione per il personale operativo e direttivo;
- L'Impresa dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari, sia definitivi che provvisionali, atti ad evitare il prosciugamento di pozzi e sorgenti, nonché danni ai fabbricati, alle sedi stradali e alle opere interferenti con i lavori;
- In mancanza di diverse indicazioni di progetto, l'Impresa, con almeno trenta giorni di anticipo rispetto all'utilizzo di ogni discarica, dovrà comunicare formalmente al Direttore dei Lavori l'ubicazione della stessa. Tale comunicazione dovrà essere corredata da una planimetria dell'area interessata nonché da sezioni trasversali rilevate sul terreno almeno ogni 10 m al fine di consentire la valutazione dei volumi depositabili. Il Direttore dei Lavori comunicherà l'accettazione o meno di tali discariche senza che per l'eventuale diniego l'Impresa possa sollevare eccezioni o riserve. Di norma non sarà ammesso che siano attive più di due discariche contemporaneamente per ciascun fronte di avanzamento. I relativi oneri sono a carico dell'Impresa.
- L'Impresa dovrà garantire la presenza continua del personale necessario alla conduzione, manutenzione e guardiania degli impianti di servizio necessari per la sicurezza e operabilità dei cantieri in sotterraneo;
- Gli oneri relativi alla realizzazione di discenderie, finestre o pozzi per eventuali attacchi intermedi non previsti dal progetto che si rendessero necessari per il rispetto dei tempi di costruzione, sono a carico dell'Impresa;
- È a carico dell'Impresa l'installazione e la gestione dei cantieri necessari a realizzare l'opera per la parte di sua competenza. L'Impresa è inoltre tenuta al controllo delle aree di cantiere ed alla regolamentazione degli accessi;

- È a carico dell'Impresa, quando necessario, il trattamento delle acque provenienti dalla galleria prima del loro scarico all'esterno;
- È onere dell'Impresa mettere a disposizione della DL tutte le attrezzature ed il personale da questa richiesti per l'esecuzione di prove o controlli in opera inclusa l'adeguata illuminazione e ventilazione dei luoghi.

L'Impresa è tenuta ad adottare a propria cura e spese tutti gli accorgimenti e le cautele necessarie per garantire la sicurezza dei lavori e l'incolumità delle persone. A tal fine dovrà osservare e far osservare le prescrizioni delle leggi vigenti e, in particolare, le prescrizioni del piano di sicurezza; in particolare:

- I cantieri in sotterraneo dovranno essere adeguatamente illuminati al fine di consentire la sicurezza e il regolare svolgimento dei lavori; dovranno essere previsti adeguati sistemi di emergenza;
- L'Impresa dovrà provvedere alla installazione e all'esercizio di idonei sistemi atti a garantire la ventilazione e il ricambio d'aria all'interno delle aree di lavoro in sotterraneo. Tali sistemi dovranno essere opportunamente dimensionati e dotati di adeguati automatismi che consentano l'entrata in servizio delle riserve in caso di avaria o inefficienza del sistema;
- Il piano di transito dei mezzi dovrà essere mantenuto regolare provvedendo alle necessarie ricariche e sistemazioni con materiale arido, in modo da rendere sicura la circolazione;
- Le squadre di personale operanti in sotterraneo dovranno essere dotate di idonei sitemi di comunicazione coordinati da una postazione fissa all'esterno della galleria;
- Dovrà essere predisposto un servizio di salvataggio e pronto soccorso provvisto dei necessari mezzi di emergenza e formato da personale adeguatamente addestrato.
- All'Impresa faranno carico i maggiori costi eventualmente derivanti dal fermo dei mezzi e del personale conseguenti a motivi di sicurezza o derivanti dalla necessità di modificare le metodologie di lavoro;
- L'Impresa, nell'eseguire i lavori conformemente al progetto, è tenuta ad utilizzare le sue capacità e la sua esperienza al fine di individuare in tempo utile situazioni potenzialmente pericolose;
- Quando al fine di garantire il sostegno degli scavi, il regolare svolgimento dei lavori e l'incolumità delle persone, siano necessarie opere provvisionali aggiuntive non previste esplicitamente nel progetto, queste dovranno essere tempestivamente definite e realizzate sotto la diretta responsabilità dell'Impresa la quale informerà la DL prima di proseguire nello scavo;

- Ogni qualvolta l'avanzamento al fronte venga sospeso, anche per un giorno, l'Impresa dovrà assicurarsi che, la posa di tutti i sostegni di prima fase sia stata completata e che quest'ultimo sia stato protetto.

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente alle seguenti norme.

- D. M. Infrastrutture 14/01/2008: Norme tecniche per le costruzioni (NTC2008 o NTC).
- 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.
- Raccomandazioni A.I.C.A.P. "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce", aggiornamento 2012.
- Norme UNI indicate nei singoli paragrafi, laddove non siano in contrasto con le NTC;
- Altre norme CNR, ASTM, ISRM, DIN richiamate ove pertinenti.
- Dlgs. 05/10/2006 n. 264 "Attuazione della direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea"

4 SCAVI

Macrovoci di Elenco Prezzi correlate:

- A.01 – Scavi
- C.01 - Scavi e demolizioni

Con il termine "scavi" si intendono tutte le tecnologie esecutive finalizzate alla effettuazione di scavi a cielo aperto o a foro cieco in terreni, rocce o materiali di qualsiasi natura durezza e consistenza costituiti anche da materiali eterogenei e comunque sciolti. Sarà in ogni caso cura dell'Impresa provvedere, in accordo al progetto, ai lavori di consolidamento e sostegno degli scavi, allo smaltimento delle acque (qualunque ne sia l'importanza, la portata e la pressione), all'adozione di tutte le cautele necessarie ad evitare danni di qualsiasi natura.

Gli scavi si suddividono in:

- scavi a cielo aperto;
- scavi a foro cieco

Tali scavi potranno essere eseguiti a mano, con mezzi meccanici e ove necessario con l'impiego di esplosivi.

4.1 SCAVI A CIELO APERTO

Con tale denominazione, si vogliono comprendere tutti gli scavi necessari per la costruzione di gallerie artificiali le quali possono essere realizzate mediante:

- scavi eseguiti completamente a cielo aperto;
- scavi eseguiti parzialmente a cielo aperto.

La soluzione di ricoprimento da adottare dovrà essere conforme a quanto previsto dal progetto.

Per quanto applicabili, nell'esecuzione degli scavi dovranno essere rispettate tutte le prescrizioni di cui al Capitolato Movimenti di terra.

In tutti gli scavi che verranno eseguiti con l'impiego di esplosivo, dovrà essere adottato il sistema di sparo a profilatura controllata, così da ottenere profili di scavo regolari e ridurre il disturbo dei materiali circostanti, in tal caso valgono tutte le prescrizioni descritte al par. 4.2.1

Per quanto riguarda il conglomerato cementizio gettato in opera valgono le prescrizioni riportate nel Capitolato "Calcestruzzi e acciai per CA e CAP".

4.1.1 SCAVO COMPLETAMENTE A CIELO APERTO

L'impiego di tale soluzione è subordinata alla possibilità della realizzazione di uno scavo completo dal piano di campagna sino al piano di imposta della fondazione del manufatto da realizzare.

In questo caso è possibile procedere alla realizzazione del manufatto esclusivamente in conglomerato cementizio armato, con operazioni "all'aperto".

Nel caso di sezioni scatolari Per la realizzazione dell'impalcato di copertura è esclusa la possibilità di usare travi o predalle in C.A.P. quando esso risulti interrato.

4.1.2 SCAVO PARZIALMENTE A CIELO APERTO

La tecnica degli scavi eseguiti parzialmente a cielo aperto sarà adottata quando la situazione orografica e le caratteristiche geotecniche non permettono l'apertura di uno scavo totale dal piano di campagna fino al piano di imposta delle fondazioni.

Tale metodologia di scavo, si limiterà alla costruzione della soletta di copertura o alle relative spalle di sostegno, a seconda delle previsioni progettuali.

Successivamente, dopo l'esecuzione dell'impalcato di copertura potrà essere effettuato lo scavo della porzione di terreno contenuta tra le paratie laterali, l'impalcato e la platea di fondo.

Anche in questo caso, lo spessore massimo ammissibile per il terreno di copertura è di 6 m. Nel caso in cui la distanza tra l'estradosso dell'impalcato di copertura e il piano di campagna sia maggiore di 6 m si procederà alla variazione della quota del piano di campagna o alla realizzazione di

solette intermedie che realizzino una galleria artificiale a doppia altezza. In entrambi i casi dovrà essere dettagliatamente motivata la scelta tipologica effettuata.

Nel presente caso dovrà essere sempre prevista la realizzazione di una controparete in c.a. a contatto con la paratia laterale, ancorata alla paratia, alla platea di fondo e all'impalcato di copertura.

4.2 SCAVI A FORO CIECO E IN ALLARGAMENTO DI GALLERIE ESISTENTI

Con tale denominazione vengono compresi gli scavi eseguiti per la costruzione di gallerie naturali, di nuova realizzazione e di allargamento di gallerie esistenti.

Indipendentemente dalle modalità di avanzamento dello scavo, che saranno conformi al progetto, si distinguono le seguenti tipologie principali:

- Scavo in allargamento, di cunicolo o di galleria asistente;
- Scavo a foro cieco di qualunque tipo con perforazione, sia a mano sia meccanica sia con esplosivi, con o senza posa di prerivestimento, anche per sezioni parzializzate;
- Scavo a pozzo o a campione da eseguirsi eventualmente per la costruzione di piedritti in sottomurazione della calotta;
- Scavo a foro cieco di cunicoli e successivo allargo;
- Scavo a foro cieco con attrezzatura completamente meccanizzata a piena sezione con o senza sostegno della cavità mediante scudo metallico e sostegno del fronte;
- Scavo a foro cieco con frese ad attacco puntuale;
- Scavo di pozzi verticali o sub-verticali.

Gli scavi in sotterraneo non potranno essere effettuati se preliminarmente non si è assicurata la stabilità degli imbocchi della galleria.

Nella eventualità che gli scavi procedano a sezione parzializzata, o nel caso di allargamento di galleria esistente, la successione operativa dello scavo dovrà essere tale da evitare fenomeni di instabilità o deformazioni inammissibili del cavo.

I piedritti, quando eseguiti per sottomurazione del rivestimento di calotta, dovranno essere costruiti a campioni di lunghezza non superiore a 5 m, e alternativamente su ciascun paramento ed opportunamente sfalsati.

L'arco-rovescio, nelle classi di scavo che lo impongono, dovrà essere realizzato ad una distanza dal fronte indicata dal progetto esecutivo, dove con diametro della sezione di scavo si intende quanto già riportato in precedenza.

In zone di particolare difficoltà di avanzamento dello scavo, la Direzione Lavori può ordinare che lo scavo sia preceduto da uno o più fori esplorativi, di diametro non inferiore ai 10 cm, e per la lunghezza ritenuta necessaria, al fine di individuare eventuali anomalie e definire gli interventi idonei all'avanzamento.

All'interno del foro esplorativo e/o in corrispondenza del fronte di scavo, la Direzione Lavori potrà ordinare di effettuare rilievi ed ulteriori indagini, che si ritenessero idonee allo scopo nonché di prelevare campioni.

Le risultanze di tali determinazioni dovranno essere verbalizzate e documentate.

Il Piano di monitoraggio così come previsto in progetto, sarà predisposto a cura dell'Impresa e sottoposto alla D.L. per l'approvazione.

Immediatamente dopo la messa in sicurezza del cavo, L'impresa è tenuta a verificare che il profilo di intradosso coincida con il profilo previsto in progetto procedendo, in caso contrario, alle eventuali ribattiture o al riempimento dei vuoti o delle cavità come indicato nel seguito.

Si precisa che non ammessa alcune tolleranza in meno sullo spessore del rivestimento definitivo.

Nel progetto esecutivo dovranno essere indicate tutte le precauzioni, limitazioni, mezzi di sostegno provvisionali, consolidamenti, attrezzature e modalità esecutive che si ritengano idonee al fine di non danneggiare le proprietà di terzi (immobili, acquedotti, elettrodotti, cavidotti, viadotti, altre opere in sotterraneo, etc.) che vengano ad essere interessate e/o sottopassate dai lavori stessi.

Dovrà essere all'uopo previsto uno specifico piano di monitoraggio di superficie ed in sotterraneo, con stima delle eventuali Classi di danno nei fabbricati e manufatti interferenti.

L'Impresa resta comunque responsabile di ogni eventuale danno che dovesse derivare a persone o a cose anche di terzi.

4.2.1 SCAVO CON ESPLOSIVO

E' onere e responsabilità dell'Impresa la richiesta di tutte le autorizzazioni di legge per l'acquisto, trasporto, custodia e impiego dell'esplosivo.

Negli scavi eseguiti con l'impiego di esplosivo, si dovrà adottare il sistema a profilatura controllata, con adeguata perforazione sul profilo e uso di microritardi così da ottenere sezioni di scavo regolari e di ridurre al tempo stesso il disturbo ai materiali circostanti.

In caso di manufatti e/o edifici interferenti con gli scavi si dovranno adottare volate a sfondo ridotto la cui entità va definita dal progettista.

Pertanto, in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati, si dovrà definire il progetto delle volate, con la distribuzione e la profondità dei fori da mina, l'entità delle cariche di esplosivo ed il frazionamento dei tempi.

Nello stesso documento dovrà essere predisposto a cura dell'Impresa un apposito monitoraggio per salvaguardare l'integrità dei manufatti esistenti in prossimità del cavo o di limitare le vibrazioni in manufatti adiacenti e/o sovrastanti il cavo stesso. L'Impresa, dovrà attuare, coordinandole con la D.L., specifiche limitazioni nell'impiego di esplosivi. L'Impresa è responsabile di qualunque danno a cose, persone e all'ambiente, causato direttamente e indirettamente dall'impiego di esplosivo.

Per la valutazione ed il monitoraggio delle vibrazioni nelle costruzioni e gli eventuali provvedimenti di mitigazione si deve fare riferimento alla normativa DIN4150-3,1999-02, gli oneri conseguenti sono a carico dell'Impresa.

Tutte le operazioni di caricamento e sparo devono essere condotte da personale in possesso delle abilitazioni prescritte dalla legge.

L'impiego di esplosivo non è comunque consentito nelle gallerie a doppio fornice ove uno dei due è già realizzato o sotto traffico, salvo interruzione del transito veicolare o pilotaggi dello stesso.

Tali limitazioni possono essere così riassunte:

- scavo eseguito solo con l'impiego di microcariche ritardate, mediante volate ad abbattimento controllato;
- scavo eseguito solo con l'impiego di mezzi meccanici, compreso la fresa ad attacco puntuale, o con altri mezzi speciali, ma con assoluto divieto dell'uso di esplosivi.

Nell'ordinario avanzamento con l'impiego di esplosivi, subito dopo ogni volata le pareti dello scavo saranno disgaggiate con la massima cura e ciò sia in prossimità del fronte di scavo che a distanza da esso.

Il responsabile delle operazioni di sparo, al termine di ogni volata, deve compilare una scheda di registrazione dei materiali impiegati, delle variazioni apportate allo schema di volata e degli eventuali effetti anomali sullo scavo, quali cavità, rilasci, fuorisagoma. La scheda sarà registrata e conservata dall'impresa e ne sarà trasmessa copia alla DL.

Qualora, anche per motivi indipendenti dalla volontà dell'Impresa, la sezione di scavo risultasse inferiore a quella di progetto, l'Impresa dovrà riprendere lo scavo a sua cura e spese con fori e cariche di esplosivo rapportate all'ottenimento della sezione di progetto o con qualsiasi altro mezzo ritenuto idoneo.

4.2.2 SCAVO IN PRESENZA DI ACQUA

In presenza di venute di acqua, compresi gli stillicidi, l'Impresa è tenuta a darne tempestiva segnalazione alla DL e ad eseguire prelievi ed analisi sistematiche, anche ripetute nel tempo, al fine di accertare l'eventuale aggressività delle acque stesse.

In presenza di acque aggressive e/o inquinanti, l'Impresa dovrà predisporre i trattamenti previsti a Norma delle vigenti leggi in materia.

Le acque che si raccolgono negli scavi in galleria, anche se provenienti da lavorazioni di cantiere, e per qualsiasi volume, dovranno essere allontanate con opportuni mezzi, sicuri ed idonei, a cura e spese dell'Impresa, senza che ne derivi alcun intralcio al normale svolgimento e nessun danno alle opere in costruzione.

Si dovrà evitare la formazione di ristagni d'acqua, di qualunque provenienza, sul piano di scavo, ed in particolare nelle zone di appoggio del rivestimento provvisorio o del rivestimento definitivo, per prevenire eventuali fenomeni di rammollimento o degradazione dei materiali costituenti il suddetto piano d'appoggio e non innescare instabilità degli scavi e/o cedimenti delle strutture.

Per i sollevamenti meccanici l'Impresa dovrà predisporre adeguate riserve di attrezzature e forza motrice, in modo che, in qualsiasi eventualità, il servizio non subisca alcuna interruzione.

Le acque di infiltrazione e le sorgenti incontrate nella escavazione delle gallerie, dei cunicoli preforati e degli eventuali pozzi di aerazione, dovranno essere convogliate, attraverso appositi collettori, fino ai recapiti previsti in progetto o prescritti dalla D.L. .

L'Impresa, ove necessario, dovrà installare appositi impianti di depurazione delle acque provenienti dalla galleria prima dello scarico nel recettore finale

Per le acque di infiltrazione da piedritti e calotta in galleria e dalle pareti degli eventuali pozzi di aerazione, l'Impresa, a sua cura e spesa, dovrà provvedere alla captazione ed al convogliamento a tergo delle murature di rivestimento e dell'impermeabilizzazione, fino ai collettori.

Quando la D.L. lo riterrà opportuno, allo scopo di agevolare la captazione e lo scolo di eventuali acque d'infiltrazione, potrà ordinare l'esecuzione del rivestimento per campioni, lasciando intervalli da rivestire in un secondo tempo.

I provvedimenti da adottare dovranno essere effettuati tenendo conto sia delle precedenti analisi sia della situazione idrogeologica della zona interessata dagli scavi, con particolare riguardo alla permeabilità "in grande" dell'ammasso e alle possibili modifiche dei flussi idrici sotterranei conseguenti alla costruzione della galleria.

1 Scavo di gallerie a doppio fornice

Nel caso di gallerie a doppio fornice, lo scavo dovrà procedere a fronti sfalsati per una lunghezza pari a tre volte il diametro equivalente di scavo, salvo indicazioni diverse e giustificate dal Progettista.

Se la galleria è parietale, il fronte più avanzato deve essere quello di monte. Per parietalità si intende quando la distanza dell'estradosso della galleria dal versante è inferiore al diametro.

4.3 SCAVO MECCANIZZATO

Nella presente sezione vengono indicate le caratteristiche minime prestazionali che l'attrezzatura di scavo meccanizzato dovrà soddisfare. Le caratteristiche si riferiscono essenzialmente ai seguenti tipi di frese: TBM aperta, senza scudo; TBM a semplice scudo; TBM a doppio scudo con giunto telescopico, TBM con fronte in pressione.

Le frese dovranno essere dotate di attrezzature per effettuare: sondaggi in avanzamento, drenaggi in avanzamento, il consolidamento del fronte e del contorno del cavo. Nell'eventualità che le previsioni progettuali indichino la presenza di cavità carsiche, la macchina dovrà essere dotata di idonea strumentazione per la rilevazione delle stesse.

La scelta della tipologia di macchina da impiegare dipende da una serie di fattori che dovranno essere valutati in fase di progetto con la massima attenzione. Tali fattori sono legati alla natura ed alle caratteristiche delle formazioni interessate dallo scavo, nonché dalle caratteristiche plano-altimetriche dell'infrastruttura da realizzare e da problematiche legate all'interazione con le preesistenze di superficie

La galleria finita, la macchina e la modalità di scavo dovranno essere conformi sia negli aspetti generali, sia nei dettagli alle previsioni del progetto. Pertanto dovranno essere rispettate, con le tolleranze previste da questo Capitolato, tutte le dimensioni geometriche di progetto, le caratteristiche prestazionali dei materiali impiegati, le tecnologie e le fasi di esecuzione.

L'Impresa è tenuta alla scrupolosa osservanza della normativa vigente sia con riferimento agli aspetti operativi della fase esecutiva sia con riferimento alla sicurezza dei lavori in sotterraneo.

Prima dell'inizio delle attività l'Impresa dovrà redigere e trasmettere alla D.L. specifiche procedure di dettaglio contenenti la valutazione dei rischi delle singole lavorazioni complete di elaborati grafici secondo quanto riportato nel Piano di Sicurezza e Coordinamento. In particolare occorrerà suddividere in singole operazioni lavorative le macrofasi riguardanti l'impiego di una TBM: montaggio, scavo, roto-traslazione e smontaggio. Per ogni singola fase l'Impresa dovrà redigere e trasmettere entro 2 mesi dall'inizio delle attività le specifiche procedure operative.

Di seguito si elencano le norme e le raccomandazioni specifiche di questo tipo d'attività:

- D. M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" Capitolo 11 – Materiali per uso strutturale;
- D.M. 03/12/1987: Norme Tecniche per la progettazione, esecuzione ed il collaudo delle costruzioni prefabbricate;

- Istruzioni C.N.R. 10025/84: "Istruzioni per il progetto, l'esecuzione e il controllo delle strutture prefabbricate in conglomerato cementizio e per le strutture costruite con sistemi industrializzati".
- Circolare del 16/03/1989 n. 031104: Istruzioni in merito alle Norme Tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate;
- UNI EN 206-1:2006: "Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità";
- UNI 8991: " Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo ";
- DLgs 152/2006: Norme in materia ambientale;
- D.P.R. 20/03/1956 n°320: Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in sotterraneo;
- D.P.R. 09/04/1959 n° 128 e successive modifiche: Norme di polizia delle miniere e delle cave;
- D. Lgs. la 626/94 D. Lgs. la 626/94: Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE, 2001/45/CE e 99/92/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro;
- D. Lgs. 494/96: Attuazione della direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili.

4.3.1 PRESCRIZIONI TECNICHE MACCHINE DA SCAVO

La TBM dovrà essere equipaggiata con un sistema di overcutting e con un doppio sistema di copycutter (la macchina dovrà essere in grado di operare dei sovrascavi sia circonferenziali che in zone localizzate). Questi sistemi, azionati uno in alternativa all'altro o anche congiuntamente, saranno impiegati per avanzare lo scudo in terreni convergenti.

La TBM dovrà essere in grado di garantire una velocità minima di avanzamento di 50 mm/min in tutte le formazioni geologiche attraversate ed una velocità di 100 mm/min in quelle più tenere; in ogni caso, gli avanzamenti dovranno essere tali da consentire il rispetto dei tempi contrattuali. Nel caso di situazioni di blocco della testa fresante, il sistema di rotazione di quest'ultima dovrà garantire una coppia di sbloccaggio pari ad almeno 1.5 volte la coppia nominale massima tale da permettere lo ripartenza della TBM.

Le benne di carico della testa dovranno essere parzializzabili idraulicamente per limitare l'ingresso di materiale in terreni fortemente instabili.

La TBM dovrà essere equipaggiata da una doppia attrezzatura di perforazione montata su appositi posizionatori che, utilizzando passaggi realizzati nella struttura della macchina, dovranno consentire l'esecuzione di:

- fori di prospezione in avanzamento attraverso lo scudo, inclinati al massimo di 8% rispetto all'asse di galleria, in diverse posizioni sui 360°;
- ombrelli di pali con interasse massimo di 50 cm, con la stessa inclinazione dei fori di prospezione, sui 180° superiori in sezione;
- iniezioni, anche selettive, attraverso i pali di cui sopra, di miscele cementizie e/o chimiche per il riempimento di cavità, il consolidamento del terreno, l'impermeabilizzazione della galleria;
- carotaggi del fronte attraverso la testa fresante ed in specifiche posizioni attraverso gli scudi.

La velocità di rotazione e traslazione devono essere quindi dimensioniate adeguatamente ed il back-up deve poter alimentare i conci in modo da ridurre la corsa assiale dell'erettore per la presa. Trattandosi di conci definitivi, l'erettore dovrà avere sei movimenti, tre principali e tre rotazioni secondarie per un posizionamento accurato e privo di scalini.

Gli impianti di trasporto, sia quelli installati sul back-up della TBM sia quelli lungo la galleria, dovranno essere dimensionati per le massime velocità di penetrazione ed i tempi minimi di ciclo di avanzamento.

Oltre a tutti i dispositivi di sicurezza contemplati normalmente dalle normative CE applicabili per questo tipo di attrezzature, la TBM ed il relativo back-up saranno dotati di:

- sistema automatico antincendio;
- camera rifugio di sicurezza antincendio con capacità pari al numero di personale di turno aumentata di cinque persone;
- sistema di monitoraggio gas con rilevamento multipoint con un minimo di otto sensori;

Deve essere preventivamente analizzato il tracciato e l'idoneità delle infrastrutture esistenti al fine di garantire il trasporto delle parti della TBM fino all'area di cantiere. Il progetto della TBM deve essere completo delle modalità di trasporto fino all'imbocco della galleria.

Deve essere assicurato lo smontaggio ed il rimontaggio della stessa TBM per realizzare, in sequenza, diverse gallerie eventualmente previste in progetto, Tutte le strutture della TBM dovranno essere realizzate in elementi tra loro imbullonati senza richiedere saldature superficiali. La dimensione ed il peso dei componenti principali dovrà tenere conto delle restrizioni imposte dalle caratteristiche del sistema viario di accesso ai cantieri e tra i cantieri.

Dovrà, inoltre, essere possibile il trasporto degli stessi componenti lungo la galleria scavata e rivestita.

4.3.2 MATERIALI

I materiali dovranno essere sottoposti ad una prequalifica, che ne garantisca attraverso appositi certificati o altri documenti, la conformità con le prescrizioni del presente capitolato; dovranno essere identificati, riportandone le caratteristiche nel Documento di trasporto; dovranno essere certificati mediante la documentazione di attestazione rilasciata da un Ente terzo indipendente (Marcatura CE – requisiti essenziali della Direttiva 89/106/CE) a garanzia della conformità del prodotto a tutte le direttive e norme ad esso applicabili o, ove previsto e previa autorizzazione del Direttore Lavori, autocertificati dal Produttore. Tutti gli oneri legati all'accettazione dei materiali sono a carico dell'Impresa, fatto salvo delle prove e delle certificazioni di controllo predisposte ed a carico del Committente. La Direzione Lavori/Alta Sorveglianza, preposta al controllo, nel caso in cui ravvisi delle difformità nei materiali utilizzati, dovrà redigere un modulo di "Non Conformità".

4.3.3 RIVESTIMENTI

In accordo con le previsioni di progetto, ove previsto, il rivestimento delle gallerie scavate con TBM sarà realizzato con elementi prefabbricati (conci) in cls armati, posti in opera all'interno dello scudo della TBM. Ogni concio sarà identificato tramite una scritta realizzata nel getto stesso (tramite apposita targhetta nei casseri) riportante le seguenti informazioni:

- tipologia del concio (Tipo 1, Tipo 2 ecc., laddove sono previste diverse tipologie);
- identificazione del concio (A-B-C-D-E-F-G-H-L se normali, K se chiave);
- identificativo della serie di casseri di origine (1, 2, 3,...);
- tipologia di armatura (laddove sono previste diverse tipologie di armatura);
- classe di resistenza del conglomerato cementizio (Rck, secondo le norme UNI EN 206 – 2006 e UNI 11104:2004 l'applicazione in Italia della EN 206);
- classe di consistenza del conglomerato cementizio (secondo le norme UNI EN 206 – 2006 e UNI 11104:2004 l'applicazione in Italia della EN 206);
- Codifica mix design;
- peso del concio;
- data di produzione;
- numero progressivo di produzione giornaliera/assoluta.

I collegamenti tra i conci saranno i seguenti:

- giunti longitudinali (tra anello e anello): bulloni rettilinei oppure sistema a connettore (tipo bi-block);
- giunti radiali (tra concio e concio): bulloni rettilinei e barra guida.

Tali giunti saranno dotati di due guarnizioni (elastomerica ed idroespansiva) per assicurare la tenuta del giunto.

Ogni concio costituente l'anello di rivestimento dovrà avere un copriferro non inferiore a 45 mm. Il calcestruzzo dovrà avere un valore minimo di classe di resistenza al fuoco "REI" R120 e un valore minimo di resistenza a compressione cubica, espressa come resistenza caratteristica Rck, a 28 gg., definito dal progetto. Il conglomerato cementizio dovrà essere confezionato con cementi pozzolanici o d'altoforno 42.5 R e presentare, in ogni caso, durabilità riferita ad una classe di esposizione ambientale non meno impegnativa della XA2 "ambiente chimicamente moderatamente aggressivo" secondo le norme UNI EN 206 – 2006 e UNI 11104:2004. Deve essere garantita una consistenza minima S4 misurata al momento del getto con il cono di Abrams secondo UNI EN 12350/2.

Le ulteriori caratteristiche minime del calcestruzzo per il confezionamento dei conci in linea generale devono seguire il seguente mix design:

- Resistenza cubica del calcestruzzo, allo scassero, (R_{ck}) pari a 15 MPa
- Impiego di almeno 3 classi di inerti (sabbia vagliata 0-5 mm, ghiaietto 5-15 mm, ghiaia 15-25 mm) conformi alla UNI 8520/a categoria A e aventi diametro massimo di 20÷25 mm
- Rapporto A/C ≤ 0.42
- Ciclo termico suddiviso in 1.5-2 ore di prestagionatura, 1.5-2 ore di salita termica (max. 60 °C) e messa a regime per 4 ore a tale temperatura di maturazione, come meglio specificato nel seguito
- Impiego di additivo superfluidificante, con dosaggio di 1.0–1.4 lt/100 kg di cemento, da ottimizzare in funzione delle caratteristiche degli inerti e delle condizioni operative, avente comunque le seguenti caratteristiche:
  - consentire una riduzione di acqua di almeno il 25% rispetto al calcestruzzo tal quale di pari consistenza
  - essere a base di poli-carbosillati eteri di seconda generazione, tali da sviluppare un maggiore calore di idratazione iniziale e quindi una più rapida formazione di prodotti idratati
- Impiego di additivi ritardanti e acceleranti, con tipi e dosaggi impiegati rispondenti alla normativa UNI EN 934-2, o UNI EN 10765, preventivamente approvati dalla Direzione Lavori/Alta Sorveglianza.
- Eventuali aggiunte sia idrauliche che inerti in conformità alla UNI EN 206-1.

Il mix-design di dettaglio sarà in ogni caso stabilito a seguito di prove di confezionamento dei conci, una volta individuato il Prefabbricatore.

Al fine di consentire una facile operazione di scasseratura e quale protezione per i casseri metallici impiegati, a garanzia della durabilità ed integrità delle casseforme e dei conci prefabbricati, si richiede l'adozione di idonei disarmanti.

La movimentazione e lo stoccaggio dei conci sarà studiata per limitare le sollecitazioni negli stessi. Per motivi di sicurezza sono vietati, in galleria, i dispositivi di presa dei conci con ventose a vuoto. Il concio dovrà essere sempre pinzato meccanicamente ed il dispositivo dovrà rispettare le norme in materia di sicurezza.

Per ogni altro aspetto normativo relativo ai manufatti prefabbricati si faccia riferimento a quanto riportato nel "Capitolato calcestruzzi e acciai per cemento armato".

4.4 SCAVO IN AMBIENTI GRISUTOSI

Qualora, in base alle preventive indagini geologiche, alle caratteristiche genetiche stratigrafiche e tettoniche, alle esperienze maturate nel corso di precedenti scavi di gallerie prossime a quella da eseguire venga accertata la presenza di gas, sia diffusa che concentrata, nell'ammasso interessato dagli scavi, l'Impresa dovrà adottare a proprio carico, oltre ai provvedimenti previsti dalla legge, anche le seguenti cautele:

- approvvigionamento e installazione in cantiere di motori di ventilatori di riserva, con caratteristiche analoghe a quelli in esercizio, in grado di entrare in funzione immediatamente in caso di necessità;
- fornitura e posa in opera di un gruppo elettrogeno di potenza adeguata al fine di supplire all'interruzione dell'energia elettrica di rete;
- Dotazione in cantiere di sistemi e apparecchi di illuminazione fissi e individuali di sicurezza nonché di apparecchiature e condutture elettriche di tipo antideflagrante, quando è probabile la presenza di gas esplodenti;
- Installazione, all'interno della galleria di apparecchiature fisse e mobili, di rilevazione di gas nocivi o esplodenti dotati di sistemi di allarme che segnalino il superamento della soglia di pericolosità dei gas;
- allestimento e organizzazione di una squadra di salvataggio munita dei mezzi di emergenza necessari, formata da personale esperto all'intervento di pronto soccorso in caso di emissione di gas;
- istruzione e formazione del personale sulla natura dei gas riscontrabili e sui relativi pericoli;

In condizioni di scavo in ambienti grisutuosi è, altresì, da considerarsi a carico dell'impresa appaltatrice ogni altro onere derivante:

- dalla predisposizione delle attrezzature necessarie ad operare in ambienti con presenza di gas;
- dall'osservanza delle disposizioni impartite dagli uffici competenti in materia di prevenzione degli infortuni e di igiene del lavoro in sotterraneo;
- dall'ottemperanza delle norme vigenti e di ogni altra spesa diretta o indiretta connessa con la probabile presenza di gas in qualunque misura nocivi durante la costruzione delle gallerie.
- dall'incremento di consumo di energia elettrica e di aria compressa, derivante dall'ottemperanza alle norme ed alle misure di sicurezza inerenti lo scavo in presenza di gas;
- dall'incremento di impiego di mano d'opera, le eventuali fasi di mancata produttività per l'evacuazione della galleria in presenza di gas, l'incremento di costo della mano d'opera impiegata in galleria;

In caso di accertata presenza di gas, l'impresa appaltatrice deve, altresì, provvedere al potenziamento degli impianti di ventilazione (con impianti di riserva e ausiliari), al fine di ridurre, rapidamente, la percentuale di gas infiammabile od esplodente oppure tossico od altrimenti nocivo nell'atmosfera della galleria al di sotto dei limiti tollerabili ai sensi delle norme in materia di scavi in sotterraneo; espellere rapidamente, nel caso di gas infiammabili od esplodenti, i gas prodotti dallo impiego dei prescritti esplosivi antigrisutosi. Altresì, l'impresa deve mantenere in cantiere scorte di respiratori e autoprotettori per chiunque operi in cantiere; indi, dotare il cantiere di collegamenti telefonici con l'esterno.

Per le prescrizioni specifiche fare riferimento all' "Appendice
1 – Prescrizioni per lo scavo in terreni grisutosi".

4.5 SCAVO DI POZZI

I pozzi di aerazione potranno essere verticali o sub-verticali, di qualsiasi sezione e profondità, scavati in terreni di qualsiasi natura e consistenza, comprese le rocce dure da mina.

Lo scavo dovrà essere eseguito in conformità al progetto esecutivo.

Per tale lavorazione sono valide tutte le prescrizioni e gli oneri previsti per lo scavo delle gallerie a foro cieco.

Tuttavia si ribadisce che l'Impresa è la sola responsabile, sotto tutti i riguardi, della esecuzione dei lavori e dell'avanzamento degli stessi, che dovranno essere eseguiti con la massima diligenza, prudenza e perizia.

Pertanto l'Impresa, a propri oneri e spese, dovrà:

- adottare tutti i mezzi di sostegno provvisionali che si rendessero necessari per la messa in sicurezza degli scavi;
- captare le eventuali venute di acqua e convogliarle al piede del pozzo;
- allontanare immediatamente il materiale di risulta dello scavo;
- illuminare in maniera adeguata gli ambienti di lavoro;
- rispettare le fasi e gli avanzamenti previsti dal progetto per l'esecuzione degli scavi, dei consolidamenti e dei rivestimenti del pozzo.

4.5.1 SCAVO DI POZZI IN ROCCIA VERTICALI O INCLINATI MEDIANTE METODO DI RAISE-BORING

La presente specifica riporta le prescrizioni minime per la realizzazione di una perforazione verticale o inclinata in roccia, mediante la metodologia di Raise Boring.

Se non è esplicitamente escluso, tutti gli oneri, derivanti dall'osservanza della specifica nella esecuzione dei lavori qui previsti, sono a carico dell'Impresa.

Tale tecnica Raise Boring si sviluppa in due fasi: la prima prevede l'esecuzione del FORO PILOTA dall'alto verso il basso, seguita successivamente dalla seconda detta ALESAGGIO che prevede l'allargamento al diametro richiesto ed in un'unica passata del foro pilota precedente eseguito ma procedendo dal basso verso l'alto. Il materiale fresato cadrà per gravità nella galleria sottostante ed il personale addetto allo smarino dovrà provvedere a rimuovere lo stesso con una frequenza proporzionale alla capacità di fresatura e/o di rimozione. L'alesaggio avrà termine quando i cutters della testa arriveranno a rompere il calcestruzzo di fondazione sotto le putrelle di ancoraggio della macchina; per impedire l'operatività della testa alesante, l'area di basamento da fresare non deve essere avere ferri d'armatura.

La verticalità del Foro Pilota deve essere contenuta entro la tolleranza dello 0,20% anche attraverso l'ausilio di sistemi di controllo della verticalità in fase di perforazione del foro pilota e comunque deve essere garantito il rispetto delle carpenterie di progetto anche attraverso l'esecuzione di più fori pilota che sono da intendersi a totale carico dell'Impresa.

L'Alesaggio consiste invece nell'allargamento di questo primo foro e viene ottenuto applicando alla testa della batteria di aste, in sostituzione del precedente utensile di perforazione, una Testa Alesante del diametro richiesto e dotata di adeguati utensili di scavo (cutters a bottoni) che, messa a contrasto contro la roccia consente di scaricare sulla roccia carichi puntuali tali da consentire il frantumarsi della stessa. Il materiale di risulta cade per gravità al fondo del pozzo.

La responsabilità della scelta dell'attrezzatura più idonea per l'esecuzione dell'intervento di Raise Boring è a totale carico dell'Impresa.

Il Raise Boring Machine (RBM) è la macchina che fornisce la potenza e la coppia necessarie al sistema aste-utensile di perforazione-testa alesante per eseguire il foro pilota e successivamente allargarlo a diametro di progetto.

Il progetto esecutivo dovrà specificare nel dettaglio tutte le lavorazioni necessarie per la messa in opera della macchina.

È a totale carico dell'impresa la predisposizione di tutte le utenze necessarie tra le quali:

- Aria compressa nella misura minima di 30.000 litri/minuto a 14 bar;
- Acqua industriale, anche riciclata, nella misura minima di 1.200 litri/minuto a 14 bar;
- Energia Elettrica a 400V, 3F+T+N nelle potenze necessarie al corretto funzionamento dell'attrezzatura scelta.

La scelta ed il numero e tipo degli utensili di perforazione (tricono) e delle teste alesanti corredate dei relativi cutters, dovrà essere fatta dall'Impresa in funzione del diametro progettuale previsto e delle caratteristiche geo-fisiche delle rocce da scavare. Le usure degli utensili di perforazione ed alesaggio devono essere considerati nel prezzo di scavo.

L'Impresa dovrà evitare ogni dispersione nell'ambiente circostante di polveri o fluidi risultanti dalle operazioni di scavo. In particolare, dovrà provvedere per proprio conto alla realizzazione di un sistema di decantazione e/o riciclo delle acque di perforazione, alla raccolta ed eventuale smaltimento dei detriti rocciosi di risulta secondo la Normativa vigente. L'Impresa dovrà anche assicurarsi che l'acqua utilizzata per il trasporto del materiale di scavo prima di essere rilasciata rispetti le normative vigenti in fatto di contenuto e trasporto di solidi sospesi e sostanze inquinanti. L'Impresa deve provvedere a portare a deposito definitivo individuato in ambito cantiere o a discarica il materiale di risulta proveniente dall'esecuzione degli scavi.

Per la preparazione dei siti e per l'esecuzione dei lavori a regola d'arte l'Impresa deve prevedere le seguenti lavorazioni:

- esecuzione delle strade di accesso alle aree di lavoro;
- installazione del cantiere di monte e di valle e delimitazione con apposita recinzione delle aree di cantiere, compresa la predisposizione delle aree per containers e stoccaggio materiali;
- preparazione dell'area per il posizionamento della RBM e l'esecuzione della platea per il posizionamento della RBM, comprese le eventuali opere di consolidamento che si rendessero necessarie;
- preparazione dell'area per intesto alesaggio in galleria;

- preparazione delle aree per lo smarino;
- i trasporti in A/R di tutte le attrezzature;
- il trasporto e posizionamento dell'alesatore al piede della trivellazione;
- operazioni di smarino al fondo del pozzo.

In aggiunta a quanto previsto nei punti precedenti, l'Impresa dovrà fornire:

- caratteristiche tecniche della macchina utilizzata;
- procedure relative alle modalità di esecuzione della trivellazione;
- specifiche tecniche delle attrezzature utilizzate per l'esecuzione della trivellazione;
- i possibili interventi che l'Impresa ritiene di effettuare in caso di avaria di qualche organo principale durante la realizzazione della trivellazione;
- la lista dei pezzi di ricambio disponibili in cantiere;
- la lista del personale impiegato nelle varie fasi di lavoro;
- il piano di sicurezza in conformità al documento "Piano di Sicurezza e di Coordinamento" fornito dal Committente.
- Tale documentazione dovrà essere sottoposta all'approvazione di ANAS prima dell'inizio dei lavori.

L'Impresa deve fornire un programma dei lavori con l'indicazione dei tempi relativi alle singole operazioni.

Alla conclusione dei lavori descritti nella presente specifica, l'Impresa deve provvedere allo sgombero delle aree di lavoro ed al ripristino delle stesse.

Eventuali modifiche alle modalità di esecuzione previste nella presente specifica dovranno essere preventivamente approvate per iscritto dal Committente.

5 INTERVENTI DI PRESOSTEGNO E PRECONSOLIDAMENTO

Macrovoci di Elenco Prezzi correlate:

- C.03 - INTERVENTI CONSERVATIVI E VARIE
- C.02 - MURATURE E CONGLOMERATI

5.1 PRECONSOLIDAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO CON TUBI IN VETRORESINA

Il consolidamento del fronte di scavo verrà effettuato in gallerie, scavate in terreni coesivi, o il cui comportamento sia prettamente coesivo ed in genere di natura argillosa, o comunque soggetti ad alterazione chimico-fisiche e a fenomeni di estrusione del nucleo di scavo, tali da compromettere la stabilità dell'opera e/o la sicurezza delle lavorazioni.

Preliminarmente all'inizio delle perforazioni, l'Impresa, a sua cura e spese, provvederà ad ubicare e contrassegnare con marche od altro l'asse di ciascun punto; alla Direzione Lavori dovrà presentare la mappa dei fori, con la posizione dei punti contrassegnata con un numero progressivo ed inoltre un programma cronologico di perforazione ed iniezione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi della perforazione/iniezione sui consolidamenti già eseguiti.

Il consolidamento verrà eseguito mediante tubi in vetroresina forniti e posti in opera entro prefori eseguiti in avanzamento, in anticipo sugli scavi, compreso il loro inghisaggio con iniezione di miscela cementizia a bassa pressione.

La distribuzione dei tubi sul fronte di scavo, il loro orientamento e la loro lunghezza dovranno essere conformi alle previsioni di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori, tenendo presente che ciascun rango dovrà avere inizio alla stessa progressiva.

Le tolleranze ammesse sull'assetto geometrico dei tubi sono le seguenti:

- la posizione dell'asse di ciascun tubo non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, salvo diverse prescrizioni della Direzione Lavori ;
- la deviazione dell'asse del tubo rispetto all'asse di progetto non dovrà superare l'1%;
- la lunghezza del tubo non dovrà differire di ± 15 cm da quella di progetto.

Ogni tubo che risultasse non conforme alle tolleranze di cui sopra dovrà essere idoneamente sostituito a cura e spese dell'Impresa.

L'Impresa, a sua cura e spese, dovrà preliminarmente individuare sul fronte di scavo le posizioni dei tubi da contrassegnare con marche od altro per renderle facilmente individuabili.

La perforazione dovrà essere eseguita a secco con idonea attrezzatura, impiegando preferibilmente utensili ad elica; avrà andamento orizzontale, sub-orizzontale o comunque inclinato; il diametro sarà indicato in progetto e dovrà essere spinta a qualsiasi profondità oltre il fronte di avanzamento in galleria; compreso l'attraversamento dello strato di conglomerato cementizio spruzzato sul fronte di scavo e degli eventuali strati rocciosi, nonché l'allontanamento dei materiali di risulta ed il trattamento dei fanghi secondo quanto disposto dalle Leggi vigenti.

Il tubo in vetroresina dovrà essere prodotto con resina poliestere termoindurente rinforzata con fibre di vetro; il contenuto in peso della fibra di vetro non dovrà essere inferiore alle indicazioni di progetto.

Il tubo dovrà avere diametro spessore e prestazioni conformi alle indicazioni progettuali oltre che soluzioni atte a migliorare l'aderenza con il materiale di riempimento del foro di alloggiamentoLa

lunghezza del tubo dovrà essere, conforme a quella di progetto, ottenuto preferibilmente con una unica barra;

ove si dovessero effettuare giunzioni, resta a carico dell'Impresa la fornitura dei necessari manicotti e collanti che dovranno garantire, anche in corrispondenza del giunto, la medesima resistenza a trazione e taglio. Le caratteristiche meccaniche del tubo saranno conformi a quanto previsto dalla normativa vigente:

Ogni tubo dovrà essere corredato dei dispositivo per le iniezioni di bloccaggio ed in particolare: tappo di fondo, valvole per le iniezioni, tubo di sfogo aria, valvola di non ritorno, cianfrinatura a bocca preforo.

Il tubo dovrà essere introdotto nel perforo mediante apposita attrezzatura; si procederà quindi al suo inghisaggio mediante una miscela cementizia (antiritiro) iniettata a bassa pressione tra tubo e pareti del foro ed all'interno del tubo stesso.

La sequenza realizzativa delle perforazioni dovrà essere tale da evitare l'esecuzione di perforazioni in adiacenza. Ciò viene prescritto al fine di evitare la mutua interazione dei fori riducendo il rischio di formazione di porzioni di ammasso instabili.

L'introduzione dell'armatura e l'esecuzione delle iniezioni devono essere effettuate in una fase immediatamente successiva a quella di perforazione; pertanto non è ammessa l'esecuzione di piu fori senza la preventiva installazione e iniezione del VTR nel foro appena precedente

Non dovrà trascorrere più di 1 ora tra le due fasi.

La miscela dovrà essere additivata con idonei acceleranti di presa e dovrà avere le caratteristiche previste dalla normativa vigente

L'iniezione dovrà essere proseguita fino a totale riempimento e la valvola di non ritorno dovrà garantire il mantenimento della bassa pressione per il tempo di presa della miscela cementizia.

In corso d'opera, si dovranno eseguire una serie di prove a sfilamento, atte a verificare l'idoneità e la fattibilità delle modalità prescelte, nonché le ipotesi assunte in sede di progettazione.

Sulla miscela cementizia impiegata, dovranno essere effettuati i medesimi accertamenti riportati nel punto 6.2 del presente Capitolato.

5.2 PRECONSOLIDAMENTO MEDIANTE TRATTAMENTI COLONNARI (COLONNE CONSOLIDATE JET-GROUTING)

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.

Nell'interno delle gallerie i trattamenti saranno eseguiti secondo le previsioni di progetto e le prescrizioni della Direzione Lavori :

- dal fronte di scavo, in anticipo sugli scavi in avanzamento, con andamento orizzontale o sub orizzontale e geometria tronco conica, per formare un arco di terreno consolidato intorno alla sezione di scavo, o per stabilizzare il nucleo del fronte in terreni incoerenti;
- dal piano d'imposta della calotta, in anticipo sugli scavi di strozzo, con andamento verticale, sub verticale o comunque inclinato, per contrastare le spinte scaricate all'imposta dell'arco di calotta;
- in ogni altra condizione che ritenesse opportuno l'impiego di tale tecnica di consolidamento.

Per ogni altra specifica, prescrizione e normativa inerente ai trattamenti colonnari si faccia riferimento al Capitolato "Opere d'arte minori - Opere di consolidamenti, reti e Protezione"

5.2.1 ARMATURA DELLE COLONNE

Quando previsto in progetto le colonne dovranno essere armate con tubi di acciaio tipo Fe 510 S355 con e senza saldatura longitudinale, del tipo per costruzioni meccaniche, del diametro previsto, qualora sia prevista la saldatura del tubo, quest'ultima dovrà essere certificata dal produttore nel rispetto delle normative vigenti e dovrà essere tale da garantire nella giunzione le stesse caratteristiche meccaniche del tubo non saldato.

I tubi potranno essere collegati tra di loro tramite manicotti saldati o filettati di dimensioni tali da garantire nella giunzione le stesse caratteristiche meccaniche del tubo, le colonne potranno essere armate anche utilizzando barre di vetroresina, le quali potranno essere giuntate tramite manicotti filettati o con altri sistemi analoghi, che devono essere in grado di garantire la medesima resistenza della barra.

5.3 PRESOSTEGNO MEDIANTE INFILAGGI

Si definiscono infilaggi i tubi portanti iniettati, posti in opera preventivamente dal fronte di scavo sull'estradosso della sezione di avanzamento in calotta.

I tubi, valvolati o no, verranno connessi al terreno mediante iniezione a bassa pressione nella cavità anulare tra tubo e pareti del perforo, i valvolati successivamente saranno iniettati in più fasi in pressione attraverso le valvole dall'interno dei tubi.

I tubi dovranno essere disposti in posizione orizzontale o sub orizzontale con geometria tronco conica e divergenza, rispetto all'asse della galleria, non superiore di norma a 6°.

Le caratteristiche dimensionali, la disposizione e le fasi di esecuzione dovranno essere conformi alle previsioni di progetto.

Prima di iniziare ciascun setto di perforazione l'Impresa, dovrà a sua cura e spese, individuare sul fronte di avanzamento le posizioni degli infilaggi da contrassegnare opportunamente, in modo da renderle facilmente individuabili; alla Direzione Lavori dovrà presentare la mappa dei fori, con la posizione dei punti contrassegnata con un numero progressivo ed inoltre un programma cronologico di perforazione ed iniezione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi della perforazione/iniezione sugli infilaggi già eseguiti.

Eventualmente si potranno predisporre, delle dime di guida a tergo delle macchine perforatrici.

Le tolleranze, rispetto alle indicazioni previste in progetto per queste lavorazioni devono essere contenute nei seguenti limiti:

- la posizione della testa non dovrà discostarsi da quella dì progetto più di 5 cm; salvo diverse prescrizioni della Direzione Lavori ;
- la deviazione dell'asse dell'infilaggio rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore dell'1%;
- la lunghezza non dovrà differire di ± 15 cm da quella di progetto;
- 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 infilaggio che risultasse non conforme alle tolleranze di cui sopra dovrà essere idoneamente sostituito a cura e spese dell'Impresa.

Le tecniche di perforazione e le modalità di iniezione dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare ed alle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione preliminare di infilaggi di prova, ordinati dalla Direzione Lavori .

In particolare le attrezzature di perforazione dovranno rispondere ai seguenti requisiti:

- possibilità di eseguire, senza manovre d'asta, perforazioni con rivestimento provvisorio fino ad almeno 12,00 m di lunghezza, con agevole e preciso posizionamento dei fori secondo la geometria tronco-conica o cilindrica tipica dell'applicazione;
- testa di rotazione con foro passante e con ingombro verso l'esterno non eccedente 35 cm rispetto all'asse della perforazione;

- slitta di scorrimento di costruzione sufficientemente rigida, dispositivi di guida delle aste ed apparecchi di stazionamento dell'attrezzatura tali da assicurare il rispetto delle tolleranze geometriche prescritte; la slitta non dovrà comunque subire spostamenti elastici superiori a 5 mm a seguito dell'applicazione, ad una qualsiasi delle sue estremità, di una forza di 100 kg in qualunque direzione nel piano ortogonale dell'asse di perforazione.

La perforazione deve essere condotta impiegando utensili atti ad ottenere fori del diametro previsto in progetto, e comunque non inferiore a 100 mm, ed a consentire la regolarità delle successive operazioni di infilaggio dei tubi e di iniezione, in materiali di qualsiasi natura, durezza e consistenza, anche in presenza di acqua di qualunque entità e pressione, mediante l'impiego di sonde a rotazione o rotopercussione.

Qualora le caratteristiche dei terreni o la presenza di acqua lo richiedesse, il foro dovrà essere sostenuto mediante idonee tubazioni durante la perforazione e le fasi successive.

Al termine della perforazione il preforo dovrà essere accuratamente sgomberato dai detriti.

Le perforazioni dovranno essere eseguite senza impiego di acqua.

L'ordine di esecuzione degli infilaggi nell'ambito di ciascun setto, dovrà assicurare la non interferenza delle perforazioni e delle iniezioni con perfori in corso o in attesa di iniezione. Nello specifico la sequenza di esecuzione dei fori dovrà essere tale da evitare l'esecuzione di fori adiacenti e comunque prima dell'inizio di una nuova perforazione in adiacenza andrà completata la realizzazione dell'infilaggio con tubo metallico e relativa iniezione.

Le armature metalliche dovranno essere costituite da tubi in acciaio tipo S355 con e senza saldatura longitudinale, del tipo per costruzioni meccaniche, qualora sia prevista la saldatura del tubo, quest'ultima dovrà essere certificata dal produttore nel rispetto delle normative vigenti e dovrà essere tale da garantire nella giunzione le stesse caratteristiche meccaniche del tubo non saldato. Dovranno avere estensione, diametro e spessore come previsto in progetto.

Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo dovranno essere ottenute mediante manicotti filettati o saldati, dello stesso spessore del tubo e di lunghezza adeguata, da verificare alla flessione secondo i valori di progetto.

I tubi valvolati dovranno essere forati in corrispondenza di ciascuna valvola di iniezione e scovolati internamente per asportare eventuali sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo 3,5 mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili d'acciaio (diametro 4 mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto.

Nel caso si utilizzi il tubo valvolato come rivestimento del foro, le valvole dovranno essere adeguatamente protette.

La valvola più bassa sarà posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo.

Ove richiesto le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici e dispositivi di centraggio per assicurare un copriferro minimo di l,5 cm, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione.

Potranno essere usate, qualora si rendessero necessarie, armature in vetroresina le cui caratteristiche sono riportate al punto 5.1del presente Capitolato.

L'introduzione dell'armatura tubolare e la esecuzione delle iniezioni devono essere iniziate in una fase immediatamente successiva alla perforazione di ciascun infilaggio.

In caso contrario la perforatrice resterà in posizione fino alla successiva ripresa del lavoro e si dovrà provvedere alla pulizia del perforo, subito prima che inizino le operazioni di posa della armatura e di iniezione.

In ogni caso non dovrà trascorrere più di un'ora tra il termine della perforazione e l'inizio della iniezione.

Si ribadisce che quando la perforazione viene eseguita con l'impiego di rivestimento provvisorio, l'infilaggio dell'armatura metallica deve precedere l'estrazione dello stesso rivestimento provvisorio ed essere seguito immediatamente dal riempimento della cavità anulare compresa tra tubo e pareti del preforo.

Le fasi della iniezione sono le seguenti, fatte salve diverse prescrizioni che la Direzione Lavori potrà impartire in sede esecutiva:

tubi valvolati:

- riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo e le pareti del perforo, ottenuto alimentando con apposito condotto di iniezione ed otturatore semplice la valvola più lontana. Trattandosi di prefori posti di norma in posizione orizzontale o inclinati verso l'alto, dovranno essere adottati opportuni accorgimenti (tubetti di sfiato, otturatore sulla bocca del perforo, ecc.) per evitare che la miscela cementizia riempia solo parzialmente la cavità o ne fuoriesca;
- lavaggio con acqua dell'interno del tubo;
- avvenuta la presa della miscela precedentemente iniettata, si inietteranno in pressione valvola per valvola volumi di miscela non eccedenti il sestuplo del volume del perforo avendo cura di non superare durante l'iniezione la pressione corrispondente alla fratturazione idraulica del terreno (”claquage") ;
- avvenuta la presa della malta precedentemente iniettata, si ripeterà l'iniezione in pressione, previo lavaggio con acqua all'interno del tubo, limitatamente alle valvole per le quali il volume di miscela iniettato non abbia raggiunto il limite di cui al punto 3 a causa della incipiente fratturazione idraulica del terreno;

- le pressioni residue di iniezione, misurate a bocca foro al raggiungimento del limite volumetrico, non superino 0,7 MPa.

tubi non valvolati (tubi ciechi):

- riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo e le pareti del perforo, ottenuto iniettando con apposito condotto di iniezione ed otturatore semplice dalla testa del tubo, trattandosi di prefori posti di norma in posizione orizzontale o inclinati verso l'alto, dovranno essere adottati opportuni accorgimenti (tubetti di sfiato, otturatore sulla bocca del perforo, ecc.) per evitare che la miscela cementizia riempia solo parzialmente la cavità o ne fuoriesca.

Qualora nel corso delle iniezioni si riscontrassero assorbimento anomali di miscela, la Direzione Lavori ordinerà l'adozione dei provvedimenti e/o cautele che riterrà più idonei.

Al termine delle iniezioni si riempirà anche l'interno del tubo.

Le malte cementizie utilizzate per la iniezione dovranno avere la composizione prevista progettualmente e dalla normativa vigente:

Durante la posa in opera si dovranno prelevare campioni della miscela di iniezione, sulla miscela cementizia impiegata, dovranno essere effettuati i medesimi accertamenti riportati nel punto 11.5 del presente Capitolato.

5.4 PRESOSTEGNO DEL CONTORNO DI SCAVO CON TUBI IN ACCIAIO AUTOPERFORANTI CON INIEZIONI DINAMICHE AD ALTA PRESSIONE

Il consolidamento verrà eseguito mediante elementi tubolari autoperforanti con armatura metallica Ø101,6 mm s=8mm lungh=12-15m, con iniezioni dinamiche realizzate all'interno di gallerie mediante esecuzione di foro con l'ausilio di tubi in acciaio muniti di bit di perforazione ed ugelli a perdere; iniezione effettuata ad alta pressione (200 bar) in avanzamento, con gestione puntuale dell'iniezione di miscela, composta da cemento e malta espansiva, in virtù degli assorbimenti registrati nei terreni attraversati per la realizzazione di bulbo a sezione circolare del diametro variabile con un massimo di 35/40 cm.

I materiali utilizzati per il consolidamento del fronte di scavo dovranno essere documentati da idonea certificazione del produttore per ogni lotto di materiale posto in opera. Nel caso che i materiali non soddisfacessero i predetti requisiti, questi dovranno essere allontanati dal cantiere e sostituiti con altri aventi i predetti requisiti. L'esecuzione di ogni trattamento di preconsolidamento, sarà documentato mediante compilazione da parte dell'Impresa, in contraddittorio con la D.L., di una apposita scheda contenente le seguenti registrazioni:

- identificazione di ciascun tubo, con riferimento alla sezione tipo di progetto;
- data di esecuzione delle perforazioni e delle relative iniezioni;

- lunghezza di ciascun tubo;
- assorbimento di miscela nell'iniezione di ciascun tubo;
- eventuale additivo impiegato.

Durante il rilevamento si dovrà verificare che la posa in opera del trattamento sia tale da soddisfare le tolleranze prescritte in progetto. Il tutto a cura e spese dell'Impresa.

La Direzione Lavori eseguirà controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali impiegati rispetto a quelli definiti in sede di prequalifica.

5.5 CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO AL CONTORNO DELLO SCAVO MEDIANTE INIEZIONI DI MISCELE CEMENTIZIE

Per ogni specifica, prescrizione e normativa inerente alle iniezioni si faccia riferimento al Capitolato "Opere d'arte minori - Opere di consolidamenti, reti e Protezione"

5.6 PRECONTENIMENTO MEDIANTE VOLTA CONTINUA IN ELEMENTI TRONCO-CONICI (PRETAGLIO)

Con tale denominazione si intende una volta continua in elementi tronco-conici di conglomerato cementizio lanciato a pressione, eventualmente fibrorinforzato, eseguita in anticipo agli scavi, esternamente al loro perimetro, in presenza di terreni coesivi e/o semicoesivi, secondo le previsioni di progetto o le prescrizioni della Direzione Lavori .

Il pretaglio viene classificato e distinto in base alle seguenti caratteristiche:

- spessore del conglomerato cementizio in opera;
- composizione del conglomerato cementizio;
- sovrapposizione del conglomerato cementizio in direzione longitudinale.

Il cavo dovrà essere ricavato mediante taglio del terreno con impiego di una speciale attrezzatura munita di una lama su cui scorrono delle catene a denti fresanti; la lama scorre su un portale a cremagliera che riproduce la sagoma della galleria.

La lama di taglio a causa dello scorrimento della catena e del movimento del meccanismo, trasmette vibrazioni al terreno, che possono innescare o favorire il distacco di blocchi lungo superfici di rottura latenti o preesistenti.

E' quindi necessario che le maestranze impegnate, rimangano a distanza di sicurezza e che siano rispettate alcune fondamentali norme:

- è necessario che il profilo del pretaglio rispecchi fedelmente gli schemi progettuali allo scopo di evitare errori nella geometria del trattamento, errori che si traducono, per il successivo e necessario ripristino della sezione di scavo, in difficili interventi di rifilatura;
- l'esecuzione del guscio avviene per conci successivi il cui sviluppo è regolabile in funzione delle caratteristiche geotecniche del terreno secondo le prescrizioni progettuali;
- prima di iniziare il taglio di un concio è indispensabile che sia stato completato il getto di quello precedente;
- è necessario garantire la continuità strutturale del guscio curando in particolare le riprese di getto tra i vari conci ed evitando la giunzione di calotta in corrispondenza dell'asse della galleria;
- si deve sempre garantire, quale condizione necessaria per la stabilità globale del guscio di pretaglio anche in fase di scavo, l'incastro del piedritto del guscio di spritz-beton per un tratto di lunghezza previsto in progetto al disotto del piano di lavoro (almeno di 80 cm).

Nel caso in cui si verifichino difficoltà di esecuzione dei tagli a causa della presenza di materiali incoerenti, con l'eventuale pericolo di instabilità del fronte, o in tutti gli altri casi in cui la realizzazione del sistema sia tale da provocare tale instabilità, si dovrà abbandonare il metodo.

Il pretaglio della volta dovrà essere eseguito per conci successivi.

Per contrastare fenomeni di decompressione del terreno, appena completato il taglio di un concio, si dovrà procedere al suo riempimento spruzzando conglomerato cementizio fibrorinforzato, additivato con acceleranti di presa.

In particolare sarà curata l'aderenza del getto alle pareti di scavo in modo da evitare vuoti a tergo del getto stesso.

5.6.1 CONGLOMERATO CEMENTIZIO SPRUZZATO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA VOLTA CONTINUA IN ELEMENTI TRONCO-CONICI (PRETAGLIO)

Dovrà essere confezionato con aggregati di appropriata granulometria continua e dimensioni non superiori a 15 mm, tali da poter essere proiettati ad umido con le normali attrezzature da spritz.

L'eventuale armatura con fibre di acciaio, rispondenti alle prescrizioni di cui al punto 6.3.2 del presente Capitolato, dovrà essere definita in sede di progetto, come prescritto dalle norme vigenti.

La resistenza caratteristica del conglomerato dovrà risultare come indicato nei punti 6.3.1 e 6.3.2 del presente Capitolato.

Ed inoltre, si dovrà determinare la curva di resistenza a partire dal tempo t=0 (immediatamente dopo la presa) fino alla maturazione completa, al fine di effettuare il controllo con le prescrizioni progettuali.

In ogni caso la resistenza minima dopo 4 ore, dovrà essere almeno 6 MPa e la resistenza finale compatibile con quella di progetto.

Per conseguire fluidità, coesione e rapidità di presa dovrà essere impiegato cemento ad alta resistenza (tipo 4,25 o superiore) dosato in ragione di almeno 450 kg per metro cubo di impasto.

Dovranno essere impiegati additivi ad azione fluidificante ed accelerante di presa, compatibili con il cemento impiegato.

Il rapporto acqua cemento non dovrà, di norma, essere superiore a 0,4.

In particolari condizioni la Direzione Lavori potrà autorizzare l'impresa ad impiegare a sua cura e spese, additivi ritardanti di presa allo scopo di prolungare la lavorabilità del conglomerato.

In questi casi l'Impresa, sempre a sua cura e spese, dovrà impiegare additivi acceleranti al momento del getto del conglomerato per annullare l'effetto ritardante.

La composizione del conglomerato dovrà essere sottoposta dall'Impresa alla preventiva approvazione della Direzione Lavori; il dosaggio dei componenti dovrà essere fatto a peso in idonei impianti.

La qualifica preliminare del conglomerato, le prove sui materiali e sul conglomerato fresco, dovranno essere effettuate con l'osservanza di quanto indicato nei punti 6.3.1 e 6.3.2 del presente Capitolato.

Relativamente al controllo della quantità di fibre in acciaio ammesse nel conglomerato si richiama integralmente quanto è stato previsto a tale riguardo nel punto 6.3.2 del presente Capitolato.

6 RIVESTIMENTI DI PRIMA FASE E INTERVENTI DI SOSTEGNO DEL CAVO

Macrovoci di Elenco Prezzi correlate:

- C.02 - MURATURE E CONGLOMERATI
- C.03 - INTERVENTI CONSERVATIVI E VARIE

Sono qui di seguito riportate le principali tecnologie esecutive da impiegare per il sostegno e prerivestimento dello scavo.

6.1 CENTINE METALLICHE, RETI DI ACCIAIO A MAGLIE ELETTROSALDATE,

Le centine metalliche, le reti di acciaio a maglie elettrosaldate da lasciare annegate nel conglomerato cementizio, dovranno avere caratteristiche dimensionali, sagoma ed interasse conformi alle sezioni tipo del progetto esecutivo previste per le varie tratte.

Le centine metalliche saranno sagomate e collegate nei punti di giunzione tramite piastre saldate e bullonate, nonché dotate di elementi di unione, distanziatori, piastre di base, collegamenti e quanto altro occorrente per assicurare una perfetta continuità strutturale delle centine stesse.

Particolarmente curato sarà il dimensionamento dell'eventuale piastra di appoggio al piede, l'allettamento e la stabilità della superficie di appoggio, e la messa in contatto della centina con la superficie di scavo.

Eventuali vuoti presenti a tergo delle centine dovranno essere riempiti con conglomerato cementizio spruzzato o con idonei spessori, cunei od altri accorgimenti opportuni al fine di garantire la completa aderenza con la superficie di scavo delle centine.

Tutte queste lavorazioni saranno a cura e spese dell'Impresa.

In senso longitudinale, le centine saranno collegate tra loro mediante catene, realizzate mediante tondino di acciaio opportunamente sagomato avente caratteristiche non inferiore a quello costituente il profilato delle centine.

Le catene dovranno essere estese a tutto il contorno delle centine ed ad esse collegate mediante opportuni accorgimenti o saldature, così come indicato nei disegni di progetto.

Quando le centine metalliche sottendono l'armatura tronco-conica costituita dagli interventi di consolidamento lanciati in avanzamento, quali infilaggi, jet-grouting ed altri interventi di consolidamento analoghi, queste dovendo essere messe a contatto con essi e pertanto dovranno essere calandrate a profilo variabile, sia pure per gruppi, per assicurare una buona trasmissione dei carichi.

Le centine realizzate mediante l'impiego di profilati a doppio T, dovranno risultare all'esterno dell'estradosso di progetto del rivestimento definitivo.

Ove la geometria dello scavo lo consentisse, le reti elettrosaldate potranno essere presagomate ed opportunamente autoancorate alle centine.

I profilati costituenti le centine metalliche dovranno essere in acciaio S235 o superiore, i bulloni dovranno essere di classe non inferiore alla 8.8 – UNI EN ISO 898-1:2001 e la lamiera sarà in acciaio di qualità non inferiore al tipo S235, UNI EN 10025

6.2 ANCORAGGI

Con il termine "ancoraggi" si intendono tutte le tecnologie esecutive atte al sostegno o alla protezione di gallerie, camere di deposito o altro, realizzato successivamente allo scavo, sia esso parziale

o totale, ed ottenuto tramite armature che si estendono nei terreni e nelle rocce a tergo della sezione di scavo.

Indipendentemente dal tipo di ancoraggio, che può essere provvisorio o permanente, si distinguono:

- tiranti e barre di ancoraggio
- chiodi e bulloni

Per quanto concerne le prescrizioni e specifiche realizzative degli ancoraggi si faccia riferimento al Capitolato "Opere d'arte minori - Opere di consolidamenti, reti e

Protezione"

6.3 RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE

6.3.1 RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO PROIETTATO

Per la classificazione, le specifiche e la normativa specifica si faccia riferimento al "Capitolato calcestruzzi e acciai per cemento armato".

Il rivestimento di prima fase delle pareti di scavo di gallerie e pozzi di aerazione sarà eseguito con conglomerato cementizio spruzzato, con idonee macchine spruzzatrici, negli spessori indicati in progetto.
Si dovrà curare in particolare l'aderenza del getto alle pareti dello scavo onde evitare vuoti a tergo del getto.

Per eventuali vuoti conseguenti ad irregolarità della sezione di scavo, l'Impresa dovrà procedere riempiendo, a sua cura e spese, con conglomerato cementizio spruzzato, dato anche a più strati ed armato con rete di acciaio elettrosaldata.

Nel caso invece di cavità naturali non previste negli elaborati progettuali o di cavità causate da cedimenti o franamenti non imputabili, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori , a negligenza dell'Impresa, si potrà proporre alla Committente la contabilizzazione dei riempimenti di conglomerato o di murature di bloccaggio o di iniezione d'intasamento. Verificare se non presenta incongruenze con quanto riportato nel capitolo scavi

La proiezione dovrà avvenire ad umido cioè con procedimento in cui la pompa spinge la miscela composta da aggregati, cemento, acqua senza accelerante, in sospensione in un getto d'aria compressa nel condotto, ovvero per mezzo di una pompa a pistoni, 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.

Il numero di passate per ottenere lo spessore previsto sarà il più basso possibile in relazione alla tecnica di proiezione prevista e dal tipo di accelerante impiegato.

Tutte le venute d'acqua concentrate dovranno essere regimate e canalizzate superficialmente per evitare sottopressioni sulla superficie trattata e danneggiamenti al conglomerato proiettato.

L'interferro dovrà essere, in tutti i casi, uguale o superiore a 15 cm sia nel caso di barre che di rete elettrosaldata.

La distanza fra l'armatura e la parete da rivestire dovrà essere rigorosamente compresa fra 2 e 5 centimetri.

La superficie in vista del conglomerato cementizio, sulla quale sarà applicata l'eventuale l'impermeabilizzazione, dovrà presentarsi regolare, priva di asperità e di ferri sporgenti.

Eventuali irregolarità, che a giudizio insindacabile della Direzione Lavori potrebbero danneggiare l'impermeabilizzazione, dovranno essere conguagliate a cura e spese dell'Impresa mediante apporto di conglomerato cementizio.

I ferri eventualmente sporgenti dal rivestimento dovranno essere accuratamente ripiegati e inglobati nel conglomerato.

La composizione del conglomerato dovrà essere sottoposta dall'Impresa alla preventiva approvazione della Direzione Lavori .

Il conglomerato dovrà presentare una resistenza caratteristica conforme al progetto esecutivo.

Tali resistenze saranno determinate mediante l'uso di appositi pannelli confezionati e cassaforme , collocate su una parete inclinata di 10° - 20° tali da realizzare tasselli di prova, di dimensioni 60 cm * 60 cm, e di 15 cm di spessore ottenuti proiettando ortogonalmente a questa il conglomerato.

Lo sfrido complessivo del calcestruzzo proiettato non dovrà essere superiore al 10 % del volume posto in opera. In caso contrario, l'Impresa non è tenuta a chiedere indennizzo alcuno per sfridi superiori.

Il rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio spruzzato, in relazione alle previsioni di progetto, potrà essere armato con rete in barre di acciaio a maglie elettrosaldate.

Ove la geometria dello scavo lo consentisse, le reti elettrosaldate potranno essere opportunamente presagomate ed opportunamente ancorate alle centine.

Dovrà essere particolarmente curato il fissaggio delle armature, con almeno 2 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.

Successivamente, verrà realizzato il completamento dello strato di conglomerato proiettato, sino al raggiungimento dello spessore previsto.

Per evitare movimenti e distacchi durante la proiezione del conglomerato, si dovrà usare in modo particolare il fissaggio delle armature.

6.3.2 RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO PROIETTATO FIBRORINFORZATO

Per le prescrizioni e gli oneri di una corretta posa in opera valgono le indicazioni precedentemente riportate nel punto 6.3.1 del presente Capitolato, riguardante il calcestruzzo proiettato.

Per la classificazione, le specifiche e ogni aspetto relativo alle fibre si faccia riferimento al "Capitolato calcestruzzi e acciai per cemento armato".

La quantità di fibre di acciaio da impiegare per l'armatura del conglomerato cementizio spruzzato dovrà essere definita negli elaborati di progetto.

In corso d'opera la Direzione Lavori procederà al controllo della quantità di fibra immessa mediante prelievo alla bocca della betoniera di tre campioni di conglomerato di volume predeterminato da cui estrarre le fibre rapportandone il peso effettivo a quello teorico.

Lo strato superficiale del conglomerato cementizio spruzzato, per uno spessore 3 cm, dovrà essere steso senza impiego di fibre d'acciaio, nel caso di presenza di manto di impermeabilizzazione, allo scopo di evitare possibili danni alla guaina stessa.

7 RIVESTIMENTI DEFINITIVI

Macrovoci di Elenco Prezzi correlate:

- C.02 - MURATURE E CONGLOMERATI
- C.03 - INTERVENTI CONSERVATIVI E VARIE

7.1 RIVESTIMENTO DI SECONDA FASE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA

Per la classificazione, le specifiche e ogni aspetto relativo al calcestruzzo si faccia riferimento al "Capitolato calcestruzzi e acciai per cemento armato".

Il rivestimento di seconda fase dovrà essere eseguito alla distanza dal fronte di scavo indicata in progetto.

Nessuna variazione potrà essere ammessa senza la preventiva autorizzazione della Direzione Lavori.

Tale rivestimento consiste in un getto di dato spessore di conglomerato cementizio semplice o armato, contro le pareti della galleria, mediante apposita cassaforma.

Il conglomerato cementizio impiegato per il rivestimento di seconda fase dovrà essere conforme al progetto esecutivo, lo spessore del rivestimento dovrà essere conforme alle previsioni di progetto, restando a carico dell'Impresa i maggiori spessori realizzati.

Nel caso di sottospessori localizzati o estesi sarà onere dell'impresa la demolizione delprerivestimento e del rivestimento definitivo non conforme oltre che la ribattitura del profilo di scavo e il ripristino del rivestimento secondo le indicazioni di progetto esecutivo

Saranno predisposti a cura e spese dell'impresa controlli preventivi dello spessore del rivestimento, mediante PCQ, corredati di rilievi topografici del profilo d'estradosso del rivestimento definitivo, il passo delle sezioni di controllo sarà indicato dalla D.L..

Per i rivestimenti in calcestruzzo non armato, le analisi tenso-deformative a breve ed a lungo termine,dovranno far risultare delle tensioni che rispettino i valori riportati all'interno del paragrafo 4.1.11 del D.M. 14 Gennaio 2008. Nel caso di rivestimenti di calcestruzzo armato, si dovranno seguire le indicazioni fornite dalla normativa vigente.

Dovrà essere particolarmente curata la ripresa con i getti precedenti e la preparazione e pulitura delle superfici con le quali i getti stessi dovranno venire a contatto.

La superficie in vista dei getti di rivestimento dovrà risultare perfettamente regolare e profilata secondo i disegni di progetto, curata in modo particolare nei tratti in curva.

Il getto dell'arco rovescio deve essere eseguito su rocce in posto e non su materiale smosso; ove le particolari condizioni idrogeologiche lo richiedessero, previo apposito studio, si prevedrà l'eventuale posa di un telo di geotessile, con impregnazione eseguita con legante bituminoso tipo 180 - 200 spruzzato a caldo in ragione di almeno 2 kg/m^2. Dovrà essere posto in opera sovrapponendo i teli longitudinalmente e trasversalmente per almeno 30 cm.

Il getto dell'arco rovescio dovrà essere eseguito per campioni alla distanza dal fronte indicata in progetto.

In presenza di particolari fenomeni deformativi la lunghezza dei campioni dovrà essere opportunamente ridotta, secondo le prescrizioni della Direzione Lavori e in accordo con il progettista

Il getto dell'arco rovescio, può essere preceduto dal getto delle murette, che avranno le interfacce con i futuri getti di calotta e dell'arco rovescio stesso sagomate a raggio.

Se l'arco rovescio viene gettato per primo, sarà subito seguito da quello delle murette per fornire il necessario contrasto al rivestimento di prima fase.

Eventuali sovrascavi dovranno essere riempiti e risagomati con conglomerato cementizio magro a cura e spese dell'Impresa.

7.2 CASSEFORME

Premesse le responsabilità dell'Impresa, per quanto attiene alla conformità delle attrezzature da impiegare per la realizzazione del progetto nonché per l'uso di tutti i prodotti idonei alle corrette operazioni di disarmo, si prescrive quanto segue:

a - casseforme per il contenimento del getto di conglomerato cementizio di rivestimento delle gallerie:

dovranno essere impiegate casseforme metalliche montate su carro portaforme, munite di sistema di movimentazione idraulico; la struttura dovrà essere opportunamente irrigidita e controventata, dimensionata per non subire deformazioni sotto carico, con la superficie a contatto del conglomerato liscia e conforme alla generatrice di progetto, tale da assicurare ai getti una rifinitura perfettamente regolare;

b - casseforme per il contenimento del getto di conglomerato cementizio di rivestimento dei pozzi di aerazione:

dovranno essere impiegate casseforme metalliche, rampanti, munite di sistema di sollevamento idraulico.

La struttura dovrà essere opportunamente irrigidita e controventata, dimensionata per non subire deformazioni durante le varie fasi di lavorazione e per non alterare la geometria di progetto dei getti che dovranno risultare perfettamente lisci e privi di irregolarità nelle generatrici superficiali. Compreso inoltre gli occorrenti ponteggi ed impalcature.

Per ogni altro aspetto relativo alle casseforme si faccia riferimento al "Capitolato calcestruzzi e acciai per cemento armato".

8 IMPERMEABILIZZAZIONI

Macrovoci di Elenco Prezzi correlate:

- C.03 - INTERVENTI CONSERVATIVI E VARIE
- C.04 – IMPERMEABILIZZAZIONI E RIVESTIMENTI

Si definiscono impermeabilizzazioni tutte le attività ed interventi atti a proteggere i rivestimenti delle gallerie dalle venute di acqua dalle pareti dello scavo.

Si dovranno impermeabilizzare le pareti della galleria ogni qualvolta si presentano o sono ipotizzabili venute di acqua dalle pareti della galleria.

L'impermeabilizzazione delle pareti delle gallerie e dei pozzi di areazione viene interposta tra i rivestimenti di prima fase e seconda fase.

La D.L. ha facoltà di ordinare, per determinati tratti o superfici di galleria, la impermeabilizzazione in conformità alle prescrizioni di seguito riportate.

Si dovranno adottare particolari accorgimenti e cautele quando le acque risultassero aggressive.

Prima della posa in opera dell'impermeabilizzazione l'Impresa dovrà procedere alla preparazione delle pareti comprendente:

- captazione di eventuali forti venute d'acqua tali da intralciare la regolare stesa dell'impermeabilizzazione, mediante impiego di tubi e/o canalette in materiale termoplastico, protetti da uno strato in geotessile e fissati con malta di cemento additivata con accelerante;
- eventuali tubi e/o canalette saranno protetti con uno strato di conglomerato cementizio e saranno raccordati al drenaggio posto al piede dell'impermeabilizzazione;
- regolazione della superficie del rivestimento di prima fase con malta fina per raccordare eventuali asperità e per ricoprire eventuali parti metalliche sporgenti.

Le impermeabilizzazioni sopra descritte dovranno essere applicate su supporto costituito da conglomerato cementizio, dello spessore non inferiore a cm 10, lanciato a pressione sulle pareti di scavo, nel caso in cui non sia previsto dal progetto un prerivestimento in conglomerato cementizio lanciato a pressione.

8.1 IMPERMEABILIZZAZIONE CON GUAINA IN PVC

Tale impermeabilizzazione dovrà essere posta in opera su uno strato di compensazione di geotessile con caratteristiche analoghe a quelle riportate nel Capitolato "Movimenti di Terra".

La guaina dovrà essere in PVC trasparente dello spessore minimo di 2 mm.

Sul rivestimento di prima fase, preparato come al punto precedente, dovrà essere steso uno strato di geotessile, come strato di compensazione con funzione antipunzonamento.

Il geotessile verrà steso procedendo in senso trasversale all'asse della galleria o del pozzo di aerazione, sovrapponendo i bordi di 20 cm e fissandolo con bottoni e/o listoni in PVC semirigido, a loro volta ancorati al supporto con chiodi a sparo muniti di rondella o con tasselli ad espansione.

I bottoni in PVC, aventi speciale sagomatura per impedire il contatto dei chiodi di fissaggio con la guaina in PVC trasparente che ad essi sarà sovrapposta e saldata, saranno forniti e posti in opera in ragione di almeno quattro bottoni per metro quadrato di superficie da impermeabilizzare, oppure un listone/ml.

In corrispondenza dei giunti della sovrastante guaina in PVC ed alla base della stessa, in corrispondenza dei piedritti nella impermeabilizzazione delle gallerie, saranno forniti e posti in opera listoni in PVC semirigido fissati con chiodi a sparo muniti di rondella.

Sullo strato di geotessile verrà fornita e posta in opera una guaina in PVC trasparente dello spessore di 2 mm.

La trasparenza della guaina, oltre ad essere una garanzia di purezza formulativa e pertanto di maggiore stabilità del polimero nel tempo, consente di controllare visivamente la lavorazione ed in particolare la eventuale presenza, in corrispondenza delle saldature, di un eccesso di residui carboniosi e di bolle d'aria che sono sintomi di cattiva esecuzione, e che potrebbero far cedere la saldatura in un secondo tempo. Il controllo delle saldature dovrà essere sistematico.

Il materiale dovrà essere qualificato prima dell'impiego.

Le prove dovranno essere effettuate presso laboratori qualificati a cura dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere, prima del loro impiego; successivamente, su materiali prelevati durante il corso dei lavori, ogni volta che la Direzione Lavori lo riterrà opportuno.

La campionatura del materiale dovrà essere fatta secondo la Norma UNI vigente.

Dalle prove dovranno risultare soddisfatti i requisiti previsti dalle norme UNI vigenti.

Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero requisiti inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'impresa dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere.

Nel caso di materiali già posti in opera, l'impresa dovrà sospendere la lavorazione e procedere, a sua cura e spese, alla loro rimozione ed alla sostituzione con materiali idonei.

La guaina in PVC verrà stesa in opera in senso trasversale all'asse della galleria o del pozzo di aerazione con i lembi dei giunti sovrapposti per 10 cm e dovrà essere fissata ai bottoni ed ai listoni in PVC mediante termosaldatura.

La guaina dovrà presentarsi ben distesa, senza pieghe e parti in tensione.

Si procederà quindi alla saldatura dei giunti per termofusione con apposite saldatrici a controllo automatico di velocità, temperatura e pressione, predisposte per effettuare una doppia saldatura senza soluzione di continuità da un estremo all'altro del giunto, in modo da permettere la prova di tenuta del giunto ad aria compressa.

La tenuta dei giunti dovrà essere verificata con aria alla pressione di 0,4 bar; la eventuale perdita di pressione dopo 15-20 min non dovrà superare 0,1 bar.

Nel caso che qualche prova dia esito negativo, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese, al rifacimento delle saldature difettose, eventualmente anche con sostituzione delle guaine compromesse, mentre la Direzione Lavori potrà ordinare che vengano sottoposti a prove tutti i giunti senza che per questo l'impresa stessa possa reclamare alcun compenso.

In galleria la guaina in PVC dovrà essere risvoltata alla base dei piedritti per almeno 40 cm; i lembi estremi dovranno essere fissati alla parete mediante listelli metallici, previa applicazione di idoneo mastice sigillante; all'interno dei due risvolti dovranno essere forniti e posti in opera tubi in PP del diametro nominale di 150 mm, aventi pareti forate e suola di base liscia e stagna; i tubi dovranno essere collegati ai pozzetti di raccolta mediante pezzi speciali a T e relative tubazioni di raccordo in PP ed i fori praticati nelle guaine per il passaggio di queste ultime dovranno essere sigillati mediante appositi elementi in PP termosaldati alla guaina ed ai tubi di raccordo.

8.2 WATER-STOP IDROESPANSIVO

Sarà costituito da cordoli di forma quadrata di dimensioni di 25x25 mm o rettangolare.

Dietro esplicita approvazione della A.S., potranno essere utilizzati anche elementi composti da bentonite di sodio preidratata estrusa sotto vuoto additivata con polimeri stabilizzanti e antisale. I cordoli dovranno essere fissati con chiodatura in acciaio almeno ogni 25 cm alla struttura già gettata che dovrà presentare la superficie di ripresa del getto, preventivamente sottoposta a idropulizia, perfettamente liscia, pulita, esente da impurità, alveoli, nidi di ghiaia, parti staccate o staccabili che possano impedire la regolare espansione ed adesione a tenuta in presenza d'acqua.

Il materiale dovrà possedere le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

- espansione libera in acqua distillata pari ad almeno sei volte il volume iniziale senza perdita di coesione di massa;
- massa maggiore di 1.10 kg/m;
- pressione di rigonfiamento dopo 48 ore maggiore di 600 KPa.
- pressione di rigonfiamento dopo 6 ore minore di 100 KPa.
- stabilità alle soluzioni saline ed aggressive e resistenza all'azione inibente degli ioni calcio e magnesio

L'utilizzo dovrà essere preventivamente autorizzato dal Direttore dei Lavori a valle dell'esecuzione di prove preliminari eseguite in cantiere o presso il laboratorio di cantiere, volte a verificare la rispondenza ai requisiti qui indicati.

8.3 GIUNTO INIETTATO A TENUTA IDRAULICA PER RIPRESE DI GETTO

Si tratta di una giunto a tenuta idraulica tra le superfici di ripresa di getto in calcestruzzo, realizzato tramite resine idroespandenti iniettate fino a pressione di 6.0 MPa, attraverso un tubo flessibile avente diametro esterno maggiore di 12 mm, preventivamente posizionato sulle superfici da sigillare.

Il tubo flessibile dovrà essere costituito da:

- un anima in polietilene avente diametro interno superiore a 6 mm, a doppia spirale, in modo da consentire, alla pressione di iniezione, la fuoriuscita della resina in modo uniforme e continuo sia radialmente che longitudinalmente;
- un rivestimento in foglio di gomma neoprenica, anch'esso spiralato, con funzione di valvola di non ritorno, atto a impedire il riflusso della resina, all'interno dell'anima, in caso di pressione negativa (dall'esterno verso l'interno), che può verificarsi, a esempio, durante le operazioni di lavaggio e svuotamento del tubo con la pompa da vuoto;
- una calza esterna realizzata in treccia di rayon, avente funzione protettiva e di contenimento, atta a consentire il deflusso del materiale in modo uniforme.

Il tubo flessibile sarà posato sulla superficie di calcestruzzo già indurito, contro il quale dovrà avvenire il getto di ripresa, in corrispondenza della mezzeria del giunto e per tratti di lunghezza non maggiore di 12 metri, fissato con apposite staffe semicircolari almeno ogni 20 cm, in modo da realizzare la massima aderenza alla superficie del getto.

La superficie indurita, preparate con idropulizia in pressione, dovrà essere perfettamente liscia, pulita, asciutta, esente da impurità, alveoli, nidi di ghiaia, parti staccate o staccabili.

Tratti di lunghezza maggiore a 10-12 metri dovranno essere ottenuti mediante sovrapposizione dei tubi, per almeno 20 cm. Non dovranno essere sovrapposti tratti di tubo di iniezione ma le estremità realizzate con tronchetti di tubo di alimentazione collegati al tubo principale con manicotti termorestringenti. Detti collegamenti dovranno essere posizionati a distanza maggiore di 15 cm dalle superfici del calcestruzzo.

Per l'iniezione dovrà essere utilizzata resina acrilica bicomponente avente viscosità non maggiore di 100 Pa·s e Massa Volumica maggiore di 1.08 g/cm3 , idroespandente dopo il consolidamento, atossica.

La miscelazione dei componenti, in rapporto 1:1, con un agitatore di almeno 1500 giri al minuto, dovrà avvenire al momento dell'inizio dell'iniezione al fine di prevenire fenomeni di alterazione delle

caratteristiche del composto, Lo stesso composto dovrà comunque avere un tempo di latenza, prima del consolidamento, di almeno 60 minuti a 20 °C.

L'iniezione della resina, da effettuare non prima di 20 giorni dal getto, dovrà avvenire lentamente fino alla fuoriuscita dall'altra estremità del tubo. A quel punto, chiusa ermeticamente la suddetta estremità, si dovrà portare il circuito a una pressione costante compresa tra i 3.0 e 4.0 MPa da mantenere per almeno 5 minuti.

Al fine di garantire eventuali iniezioni in tempi successivi si dovrà procedere all'immediato lavaggio e aspirazione della resina rimasta all'interno del tubo.

9 DRENAGGI

Macrovoci di Elenco Prezzi correlate:

- E.01 - DRENI - GABBIONI - TERRE RINFORZATE

Con il termine "drenaggi" si intendono tutte le tecnologie esecutive atte alla captazione, emungimento, raccolta e allontanamento delle acque circolanti immediatamente a tergo dei rivestimenti ovvero nei terreni circostanti la galleria.

Si distinguono le seguenti tipologie principali di drenaggio:

- canalette al piede dell'impermeabilizzazione collegate mediante raccordi alle cunette centrali di raccolta della galleria;
- tubi drenati microfessurati che si estendono nei terreni a tergo del rivestimento.
  Le prescrizioni di cui ai successivi punti sono riferite alle gallerie naturali, ma sono comunque applicabili, con le precisazioni di cui in appresso, anche alle gallerie artificiali.

Nel caso di gallerie artificiali eseguite con scavo dall'alto si disporrà una tubazione in PP in corrispondenza della platea di fondo ed all'esterno della galleria. In tal modo le acque percolanti attraverso il materiale drenante, utilizzato per il riempimento, saranno convogliate nel tubo in PP e trasportate all'esterno.

Nel caso di gallerie artificiali eseguite con paratie, se necessario, si procederà al drenaggio delle acque mediante l'adozione di dreni con tubazioni in PP fessurate rivestite da tessuto non tessuto.

Le acque drenate saranno convogliate nelle canalette laterali al piede della galleria e smaltite, con idonea pendenza, all'esterno.

9.1 CANALETTE DI RACCOLTA

Al piede dell'impermeabilizzazione sarà realizzata, mediante canaletta in PP fessurato superiormente, una condotta di raccolta delle acque drenate; ogni 25 m circa saranno disposte delle condotte, dotate di pozzetti per l'ispezione e la manutenzione, per collegare le canalette con le cunette centrali della galleria.

Particolare cura andrà posta in fase esecutiva per assicurare il corretto andamento plano-altimetrico dei tubi di drenaggio e la loro funzionalità.

Le canalette e i tubi per il drenaggio e l'allontanamento sulle acque saranno in PP ed avranno diametro esterno non inferiore a 110 mm e spessore non inferiore a 3 mm.

La Direzione Lavori potrà richiedere di far sottoporre a prove, presso laboratori qualificati e riconosciuti, dei campioni di tubo per accertare o meno la loro rispondenza alle norme vigenti.

La miscela cementizia da impiegare per l'allettamento e fissaggio delle tubazioni sarà costituita da sabbia e cemento normale tipo 3,25, ed arricchita di idrofugo nelle proporzioni necessarie in relazione al grado di umidità della superficie da impermeabilizzare.

9.2 TUBI DRENANTI MICROFESSURATI

Le perforazioni per i drenaggi, comunque inclinate ed in materiali di qualsiasi natura, durezza e consistenza, anche in presenza d'acqua di qualsiasi entità e pressione, saranno eseguite a distruzione di nucleo con sonde a rotazione o rotopercussione.

Qualora le caratteristiche dei terreni o la presenza dell'acqua lo richiedessero, il foro potrà essere sostenuto mediante idonee tubazioni durante la perforazione e nelle fasi successive.

Si deve assicurare, in fase di perforazione, la perfetta tenuta a boccaforo, predisponendo eventualmente, sul fronte di avanzamento, in corrispondenza all'asse di ciascuna perforazione, un raccordo tubolare munito di un premistoppa interno, al quale si accoppia, a tenuta, il tubo di perforazione e di una bocca di deflusso esterna, onde consentire il rifluimento controllato del materiale di spurgo in fase di perforazione.

I raccordi tubolari dovranno essere rigidamente fissati al tampone in calcestruzzo proiettato preventivamente realizzato sul fronte.

Tali attrezzature devono avere caratteristiche tali da impedire che, nella fase di scavo e nelle successive fasi di posa in opera del tubo drenante all'interno dell'eventuale rivestimento e di estrazione di quest'ultimo dal terreno, possano verificarsi rifluimenti incontrollati di acqua e/o particelle di terreno all'interno dell'eventuale tubo di rivestimento.

Prima di procedere alla posa in opera, l'Impresa dovrà eseguire una accurata pulizia del foro con getto d'aria a pressione e il lavaggio con getto d'acqua a pressione.

Le perforazioni avranno diametro adeguato alla lunghezza e tale da consentire l'infilaggio dei tubi microfessurati, e comunque non inferiore a 90 mm.

Successivamente alla pulizia del foro, nello stesso verrà inserito un tubo microfessurato in PVC rivestito esternamente con una calza di geotessile.

Il tubo microfessurato sarà in PVC rigido con unioni a manicotti, ed avrà diametro interno non inferiore a 50 mm e spessore non inferiore a 4 mm.

La loro lunghezza dovrà essere almeno pari al diametro dello scavo e non superiore a 2.5 volte il diametro stesso, con sovrapposizione longitudinale di 6 – 10 m.

Nel caso in cui le pressioni dell'acqua fossero elevate dovranno essere utilizzati dei dispositivi che impediscano la fuoriuscita di acqua prima dell'inserimento del tubo drenante.

In questa situazione si opera posando prima un tubo di attesa di diametro superiore, su cui si collegherà un "preventer" atto a controllare il fluido di spurgo della perforazione in modo da evitare l'innesco di fenomeni di sifonamento e tale da permettere la chiusura rapida del foro.

In tal caso la perforazione sarà fatta con rivestimento, per impedire la chiusura del foro e con punta a perdere.

Finita la perforazione, si inserirà all'interno del rivestimento un tubo drenante microfessurato.

Successivamente, si recupererà il tubo di rivestimento del foro, per una lunghezza pari a quella del tratto attivo di dreno, più la lunghezza del sacco otturatore, in modo che questo risulti direttamente a contatto con le pareti del foro.

Tale sacco verrà quindi gonfiato, tramite iniezione a pressione controllata dalla relativa valvola, tramite doppio otturatore inserito da bocca foro all'interno del tubo drenante.

Raggiunta la pressione di alcuni bar, questa dovrà essere mantenuta per un congruo intervallo di tempo, per verificare l'avvenuto gonfiaggio del sacco.

Nel caso di calo di pressione, si procederà con successive iniezioni, fino al raggiungimento della pressione prestabilita.

Non appena la malta avrà fatto presa nel sacco otturatore, si procederà all'estrazione del tubo di rivestimento per la rimanente lunghezza, pari a quella del tratto cieco, e immediata esecuzione, sempre mediante doppio otturatore, dell'iniezione di intasamento di tale tratto a partire dalla valvola superiore.

L'avvenuto abbattimento delle pressioni neutre dovrà essere verificato con piezometri installati in posizione opportuna e periodicamente misurati, il tutto a spese e cura dell'Impresa.

L'intervento di drenaggio potrà rimanere attivo anche a lungo termine in fase di esercizio, per cui si dovrà provvedere a raccogliere mediante un apposito collettore le venute di acqua captate dai

dreni, onde evitare che queste possano disperdersi in galleria, causando nocive infiltrazioni che potrebbero ammalorare le opere di rivestimento definitivo

10 MONITORAGGIO

La raccolta, l'analisi e l'interpretazione dei dati derivanti dalle misure in corso d'opera e durante l'esercizio ha lo scopo di:

- verificare la validità delle previsioni progettuali attraverso un confronto sistematico tra le stesse previsioni e le prestazioni/comportamento del terreno nell'intorno della galleria e delle strutture di rivestimento con particolare riferimento alle categorie di comportamento del fronte di scavo descritte nei capitoli precedenti;
- assicurare che l'opera esplichi le sue funzioni, risultando idonea all'esercizio, resistente e stabile senza riduzioni significative della sua integrità o manutenzioni non previste;
- Verificare che lo stato di sollecitazione del rivestimento rimanga entro i limiti fissati dal progetto.

Prima dell'inizio dell'esecuzione delle opere dovrà essere verificato dal Direttore dei Lavori, il Piano di Monitoraggio presentato dall'impresa per il controllo del comportamento del terreno e delle strutture sia durante i lavori che in fase di esercizio.

Dovranno inoltre essere chiaramente indicate le ipotesi formulate per la valutazione delle componenti di spostamento, delle deformazioni e delle sollecitazioni indotte nel terreno e nelle strutture.

Dovranno inoltre risultare dallo stesso piano le ipotesi sulla caratterizzazione geotecnica dei terreni, che dovranno essere verificate sulla base delle misure che saranno svolte nel corso dei lavori.

Dovrà infine essere indicato nel Piano di Monitoraggio il periodo di tempo nel quale devono essere ~~pro~~ eseguite le misure: prima, durante e dopo la realizzazione dell'Opera.

La raccolta, l'analisi e l'interpretazione dei dati derivati dalle misure in corso d'opera e durante l'esercizio dovranno essere condotti con particolare sistematicità e cura, secondo indicazioni che saranno date dalla D.L., in modo da consentire l'archiviazione e la conseguente creazione di un "data base" da utilizzare a beneficio delle opere che saranno costruite nel futuro.

In funzione dell'importanza dell'Opera si dovrà adottare un sistema di elaborazione, gestione e distribuzione dei dati che permetta a tutti i soggetti impegnati nella buona riuscita dell'Opera (Impresa, Committente, Direzione Lavori, Progettista, Responsabile della Sicurezza, ecc....) di accedere ai dati in tempo reale e da qualsiasi postazione informatica, con modalità di password dedicata e personalizzata.

Tutto il sistema di monitoraggio durante la costruzione e sino alla data di emissione del certificato di collaudo finale, questa compresa, sarà eseguito a cura ed oneri dell'Impresa.

Le misure sono tra l'altro volte a determinare:

- le deformazioni indotte nel terreno (naturale o consolidato) o nell'ammasso roccioso, durante le operazioni di scavo;
- i valori e le variazioni delle pressioni neutre nel terreno o nell'ammasso roccioso;
- le deformazioni e le tensioni indotte nelle strutture di rivestimento (di prima fase e definitivo) e negli elementi di rinforzo e stabilizzazione;
- i carichi agenti sulle strutture.

Gli strumenti di misura e le sezioni strumentate da adottare dipendono dalla complessità della situazione geologico-geotecnica, con particolare riguardo alle specifiche condizioni geostrutturali, morfologiche ed idrogeologiche, nonché al previsto comportamento tenso-deformativo del terreno e delle strutture.

Il piano di monitoraggio deve tenere conto dell'affidabilità degli strumenti da utilizzare, della loro semplicità nell'installazione e nella relativa misura, della robustezza e, non ultimo, dei possibili disagi che l'allestimento delle sezioni strumentate comporta all'intera organizzazione di cantiere.

La strumentazione posta in opera dovrà inoltre avere alcuni requisiti funzionali che andranno verificati, certificati e documentati anche quando l'evoluzione tecnologica metterà a disposizione materiali più sofisticati e dispositivi più perfezionati:

- campo di misura o fondo scala ("range");
- massimo campo di misura sopportato dello strumento ("over range");
- ripetitività delle misure;
- precisione;
- Sensibilità;
- durabilità e/o affidabilità.

I sistemi di monitoraggio dovranno essere concepiti in modo da realizzare il massimo di modularità e interfacciabilità possibile al fine di poter effettuare la centralizzazione dei dati in punti diversi della galleria o all'esterno.

Per ciascuno strumento il Progettista dovrà definire in quale momento procedere alla lettura di zero, e cioè alla definizione della configurazione di riferimento rispetto alla quale confrontare tutti i valori che andranno determinati in seguito.

La lettura degli strumenti e l'interpretazione delle misure saranno eseguite il più rapidamente possibile da personale qualificato.

Di seguito si riporta una descrizione sintetica delle principali tipologie di misurazione cui di norma si ricorre per il monitoraggio in galleria.

10.1.1 MISURE DALL'INTERNO DEL CAVO

Misure di convergenza con mire ottiche

Consistono nel determinare la variazione in valore assoluto della distanza di uno o più punti di misura posizionati sulle pareti (opposte) del cavo oppure sul fronte di avanzamento (misure di estrusione).

I punti di misura sono costituiti da prismi ottici o da mire ottiche reticolate traguardate mediante un teodolite o distanziometro.

La misura si effettua come una normale triangolazione di precisione. La precisione della misura è pari a 1 mm.

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.

Misure di deformazione (strain gauges: estensimetri per metallo"centina")

Consistono nella misura delle deformazioni che avvengono nelle centine e della loro evoluzione nel tempo.

Gli estensimetri possono essere del tipo a resistenza elettrica o a corda vibrante e vengono collegati ad una centralina di misura.

L'installazione va effettuata in più punti all'interno del rivestimento.

Gli estensimentri devono essere saldati a coppie, nell'anima della centina, in direzione tangenziale alla superficie della galleria immediatamente prima del montaggio della centina e devono essere protetti dal getto dello spritz beton.

La precisione è 0.5% del fondo scala.

Determinazione del carico agente sulla struttura" centina–puntone–tirante" (celle di carico)

Le celle di carico servono per registrare i carichi, si compongono di un corpo cilindrico in acciaio e di una eventuale piastra in acciaio che permette una più omogenea ripartizione del carico. Vengono

utilizzate per garantire la sicurezza di opere di sostegno sia provvisorie che permanenti e servono per registrare i carichi a cui sono sottoposte. Si suddividono in:

- celle di carico per centine, vengono installate al piede della centina o tra le piattebande, nei puntoni. A queste è collegato un trasduttore elettrico a cui si collega una centralina per la registrazione del dato. Misura la variazione di carico che la struttura sopporta nei punti di misura;
- cella di carico per tiranti, costituita da un corpo di forma toroidale che consente il controllo della fase di tesatura di tiranti e del loro rilascio tensionale in fase di esercizio.

La precisione è 1% del fondo scala.

Misure estensimetriche con estensimetri monobase o multibase

Consistono nel determinare la distribuzione delle deformazioni nel terreno.

L'estensimetro è costituito da una testa di riferimento posta a boccaforo e da uno o più basi collegate con la testa di riferimento mediante barrette o astine, installate in un foro di piccolo diametro realizzato nel terreno al contorno del cavo.

Le misure degli spostamento tra le barrette o astine, solidali con le basi, e la testa di riferimento sono effettuate per mezzo di un comparatore meccanico o altro strumento di pari precisione (per es. un trasduttore di spostamento LVDT o a corda vibrante).

La precisione dello strumento di misura è 0.01 mm.

Determinazione della pressione di contatto terreno-struttura (celle di pressione)

Si determina la pressione di contatto tra il terreno, al contorno del cavo, e le strutture ovvero tra i rivestimenti di prima fase e quelli definitivi.

Le celle di pressione sono formate da due piastre saldate tra loro lungo il perimetro. Lo spazio tra di esse è riempito di liquido ed è collegato ad un trasduttore di misura.

Il carico agente sulle piastre viene trasmesso al trasduttore, trasformando le variazioni di pressione in spostamento o deformazioni di una membrana'.

La misura viene eseguita usando un comparatore meccanico, un trasduttore di spostamento o un trasduttore di pressione. Le celle di pressione possono essere installate sia per le misure di sforzi radiali che tangenziali.

La precisione è 0.25% del fondo scala.

Misure di estrusione del fronte di scavo

Consentono di rilevare in continuo gli spostamento assiali relativi di una serie di basi di misura.

Le misure vengono effettuate in un tubo in ABS o PVC munito di appositi punti di riscontro posti a distanza di 1 m l'uno dall'altro, che vengono resi solidali con il terreno circostante tramite un'iniezione di malta espansiva.

Le misure delle variazioni di distanza tra le coppie di punti adiacenti vengono effettuate mediante una sonda removibile~~,~~ durante l'inserimento nel foro. La differenza tra la lettura di zero e le successive permette di ricavare per differenza gli spostamenti.

La precisione è 0.003-.0.02 mm/m.

Misure di deformazione (estensimetri da calcestruzzo)

Consistono nella misura delle deformazioni che avvengono nei rivestimenti definitivi e della loro evoluzione nel tempo.

Gli estensimetri possono essere del tipo a resistenza elettrica o a corda vibrante e vengono collegati ad una centralina di misura.

L'installazione va effettuata in più punti all'interno del rivestimento.

Gli estensimentri devono essere montati a coppie in direzione tangenziale alla superficie della galleria prima del getto del rivestimento definitivo.

La precisione è 0.5% del fondo scala.

Determinazione della sollecitazione in parete (martinetto piatto)

Si determina la sollecitazione circonferenziale agente all'intradosso del rivestimento definitivo.

Il rilascio delle tensioni, provocato da un intaglio eseguito in direzione normale alla superficie della struttura, determina una parziale chiusura dell'intaglio stesso che viene rilevata tramite misure di spostamento.

Viene quindi inserito nell'intaglio uno speciale martinetto piatto, la cui pressione interna viene gradualmente aumentata fino ad annullare lo spostamento prima misurato (cioè ripristinando lo stato tensionale preesistente).

Le misure di spostamento vengono eseguite su diverse basi mediante estensimetro meccanico rimovibile oppure trasduttori elettrici di spostamento.

La precisione della lettura è 0. 1 % del fondo scala.

10.1.2 MISURE DALL'ESTERNO DEL CAVO

Misure assestimetriche

Consistono nel determinare le deformazioni indotte nei terreni di copertura della galleria a seguito dello scavo.

L'assestimetro è costituito da una serie di barre a diversa lunghezza installate e rese solidali con il terreno in un foro di sondaggio realizzato dal piano campagna.

Le misure di spostamento sono effettuate per mezzo di un comparatore meccanico.

La precisione è 0.25% del fondo scala.

Misure topografiche

Consistono nel determinare in concomitanza con lo scavo delle gallerie le variazioni di quota di punti ubicati sul piano campagna.

I capisaldi dovranno presentare, ben visibile sulla parte superiore, una borchia metallica con l'indicazione del numero del vertice o caposaldo ed una testa semisferica per la battuta topografica.

La borchia dovrà essere collegata tramite bullonatura o elettro-saldatura ad una barra di ferro ad aderenza migliorata di idonea lunghezza, in modo da renderla solidale al terreno (infissione-cementazione).

Le misure sono effettuate attraverso una livellazione topografica e triangolazione di precisione.

La precisione è 0,1 mm.

Misure inclinometriche

Consistono nel determinare il decorso, nel tempo, degli spostamento del terreno nell'intorno della galleria in seguito allo scavo.

Le misure sono effettuate mediante una sonda inclinometrica fatta scorrere in un tubo scanalato reso solidale con il terreno all'interno di un foro di sondaggio.

La precisione ±0.1 mm/m.

Misure inclinometriche con sistemi automatici

Consistono nel determinare il decorso, nel tempo, degli spostamento del terreno nell'intorno della galleria in seguito allo scavo o per interferenze con aree in frana.

Le misure sono effettuate mediante l'installazione di catene inclinometriche attrezzate con sensori accelerometrici, progettate per monitorare movimenti nel terreno e/o le deformazioni di strutture. Le misure sono effettuate automaticamente con un temporizzazione definita dall'utente. Ogni misura è inviata da remoto al database centrale per l'elaborazione e la restituzione dei dati. Ogni catena inclinometrica può essere personalizzata con sensori di diverso tipo per raccogliere dati di differente natura. Possono essere installati sensori di spostamento ad alta risoluzione per le strutture civili,insieme a: sensori di temperatura, sensori per monitorare la pressione atmosferica e sensori piezometrici per monitorare il livello di falda nel sottosuolo. Lo strumento è costituito da una catena con nodi diversi, che contengono i sensori richiesti.

La sensibilità può essere o di 0.1mm/m o di 0.01mm/m e accuratezza rispettivamente di 0.2mm/m o di 0.02mm/m.

Misure estenso-inclinometriche

Consistono nel determinare, nel tempo, gli spostamento del terreno, secondo tre direzioni tra di loro ortogonali, nell'intorno della galleria in seguito allo scavo.

Le misure sono effettuate mediante una sonda estenso-inclinometrica fatta scorrere in un apposito tubo minuto di ancoraggi posti a distanza di 1 m l'uno dall'altro.

Il tubo è reso solidale con il terreno all'interno di un foro di sondaggio che non deve scostarsi più di 3° dalla verticale.

La precisione della funzione estensimetrica è pari a 0.003 mm/m.

La precisione della funzione inclinometrica è di 0.05 mm/m.

Misure della pressione interstiziale e del livello di falda

Consistono nella determinazione della pressione interstiziale nel terreno.

Le misure sono effettuate mediante piezometri installati in foro: a tubo aperto, del tipo Casagrande, o muniti di celle (elettriche, a corda vibrante, pneumatiche).

La precisione è 0.2 - 0.5% del fondo scala.

La scelta del tipo di piezometro è strettamente vincolata alla natura del terreno.

Misure multiparametriche (Colonna DMS)

La colonna multiparametrica permette la rilevazione differenziale delle principali grandezze fisico/meccaniche del terreno e delle strutture in 2/3 dimensioni, in grado di operare rilevazioni con-

tinue e contestuali dell'inclinometria, piezometria, temperatura, assestimetria, accelerazione all'interno dello stesso foro, consentendo oltre alla migliore correlabilità dei parametri geotecnici, anche una sensibile riduzione dei costi strumentali e di perforazione di sondaggio.

La colonna DMS è una sorta di "spina dorsale" del mezzo in esame, che viene introdotta nel terreno mediante foro di sondaggio, composta da un insieme di moduli rigidi sensorizzati collegati da speciali giunti aventi 2–3 gradi di libertà, tali da copiare qualsiasi deformazione conservando la direzione azimutale. E' dotata di sensoristica gestita in digitale che trasferisce il dato all'unità di controllo, posta in superficie, la quale provvede in tempo reale alla trasmissione dei dati all'utente finale e alla sala di monitoraggio.

Integrerei con specifiche tecniche come le voci precedenti

10.2 MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

Nel Piano di monitoraggio dovranno essere individuate delle sezioni strumentate/stazioni di misura che, nelle varie tratte da analizzare, forniranno i dati necessari per le decisioni operative da assumere durante l'esecuzione dei lavori.

A tale scopo l'analisi strumentale, corredata dalle osservazioni e dai controlli che saranno condotti contestualmente nei riguardi delle condizioni geotecniche dovrà consentire di valutare i seguenti parametri:

- luce libera di scavo;
- convergenza totale del cavo;
- gradiente di deformazione;
- stabilità dei fronte di scavo.

In linea generale le stazioni di misura sono:

- Stazioni per gli imbocchi e per le gallerie superficiali (urbane ed extraurbane);
- Stazioni fondamentali;
- Stazioni principali;
- Stazioni secondarie;
- Stazioni al fronte di scavo.

Stazioni per gli imbocchi e per gallerie superficiali, urbane ed extraurbane

Queste stazioni dovranno essere predisposte, anche ai fini di verificare le condizioni di stabilità dei versanti, prima dell'inizio delle operazioni di scavo.

A tale scopo gli strumenti di misura, posizionati dal piano campagna, dovranno essere installati a profondità sufficiente da indagare il comportamento tenso-deformativo del terreno e le relative condizioni piezometriche, anche nella zona sottostante la galleria, tenendo sempre conto delle previsioni al riguardo formulate in sede di progetto.

Dovrà inoltre essere assicurato il controllo, sia a breve che a lungo termine, degli eventuali fabbricati, delle strade o preesistenze in genere, che potrebbero insistere sul versante.

Tale stazione sarà composta, di norma, nel seguente modo (Le misure di convergenza in galleria, in queste stazioni ed in quelle descritte nel seguito, saranno di norma eseguite ricorrendo alla tecnica delle mire ottiche removibili):

<u>all'interno del cavo:</u>

- n. 6 mire ottiche removibili, sul profilo della galleria, tali da consentire la lettura mediante strumento topografico di Precisione le letture dovranno essere condotte immediatamente prima dell'esecuzione degli eventuali interventi e ad ogni sfondo;
- n. 2 celle di carico idrauliche, installate al di sotto del piede delle centine e finalizzate a valutare il carico sul rivestimento di prima fase durante gli avanzamenti.
- La lettura di 'zero' andrà effettuata quando la centina stessa sarà collegata con tutte le catene alla centina adiacente e subito dopo la posa dello spritz beton;
- n. 5 celle di pressione radiali, poste a contatto tra il terreno ed il rivestimento di prima fase: le celle saranno messe in opera nello spazio compreso tra due centine; la lettura di "zero" andrà effettuata non prima di 8 ore dalla posa in opera dello spritz beton; le successive letture andranno effettuate ad ogni sfondo completo;
- n. 6 Barrette estensimetriche (strain gauges). Gli estensimentri devono essere saldati a coppie, nell'anima della centina, in direzione tangenziale alla superficie della galleria immediatamente prima del montaggio della centina e devono essere protetti dal getto dello spritz beton. Si tratta di tre coppie di barrette collocate due ai reni e una al "cervello" della centina. La lettura di "zero" andrà effettuata dopo la saldatura, subito dopo lo spritz beton e dopo 8-12 ore; le successive letture andranno effettuate ad ogni sfondo completo del primo campo e dopo settimanalmente sino alla stabilizzazione.

<u>All'esterno del cavo:</u>

- n. 3 assestimetri multibase: la quota assoluta della testa degli assestimetri deve essere rilevata mediante livellazione di precisione; la lettura di "zero" dovrà essere eseguita non prima di 10 giorni dalla cementazione dei tubi di misura; prima di ogni serie di misure ed al termine di esse dovrà essere effettuata una misura di calibrazione con l'apposito dispositivo di taratura;

- n. 2 inclinometri: la quota assoluta della testa del tubo inclinometrico deve essere rilevata mediante livellazione di precisione con frequenza minima ad ogni sfondo e, una volta passato il fronte, che avrà raggiunto una distanza almeno pari a 5 volte il diametro della galleria, con frequenza maggiore, da definire in base al comportamento emerso;
- n. 1 piezometro: in funzione del tipo di terreno e quindi permeabilità si dovrà valutare con la D.L. il tipo di piezometro: a tubo aperto, di Casagrande, elettrico. Le letture potranno essere di tipo manuale e/o automatico. Lettura di zero, seguita da minimo altre due, effettuate due mesi prima dell'inizio dei lavori, al fine d'individuare il livello di base della falda. La quota della falda deve essere misurata tutti i giorni per tutta la durata del cantiere.

Resta sottointeso che ogni Progetto di Monitoraggio dovrà essere verificato ed approvato dalla D.L..

I sistemi di lettura potranno essere di tipo manuale e/o automatico. La distribuzione dei dati dovrà avvenire in formato digitale, all'occorrenza anche in formato cartaceo. Tutti i preposti alla realizzazione dell'Opera (Impresa, Progettista, D.L., Committente, ecc...) dovranno avere la possibilità di accedere alla idonea e dedicata piattaforma di dati da qualsiasi postazione informatica con password dedicata e tutela delle informazioni.

Stazioni fondamentali

La stazione fondamentale dovrà permettere di valutare, analizzare e controllare il comportamento del terreno nell'intorno del cavo, durante tutte le fasi di lavoro, prima, durante e dopo il passaggio del fronte di scavo sulla stessa stazione di misura, fino al completamente della galleria e durante il suo esercizio.

Essa dovrà essere mantenuta operativa anche in fase di esercizio collegando opportunamente la centralina di lettura della strumentazione con l'esterno o in una nicchia adiacente.

La messa in opera degli strumenti all'interno del cavo verrà eseguita immediatamente dopo il passaggio del fronte di scavo con lettura immediata di zero».

Le letture proseguiranno con cadenze che saranno definite in relazione alle modalità operative ed alle verifiche da effettuare, nonché ai dati che si intende raccogliere.

La stazione sarà composta, di norma e quando la copertura lo consenta (h < 60-70 m), nel seguente modo:

all'esterno del cavo:

come per la stazione per gli imbocchi

all'interno del cavo:

- n. 6 mire ottiche removibili;
- n. 3 estensimetri multibase (se del tipo cementato in foro, la lettura dì "zero" dovrà essere eseguita non prima di 10 giorni dalla cementazione);
- n. 2 celle di carico idrauliche installate al di sotto del piede delle centine;
- n.-5 celle di pressione radiali;
- n. 6 barrette estensimetriche;
- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo in avanzamento (eventuale), di lunghezza almeno pari a 60 m

Quando la copertura (h) supera i limiti precedentemente riportati, la stazione sarà realizzata solo all'interno del cavo.

Stazioni principali

La stazione sarà di norma così composta:

- n. 6 mire ottiche removibili;
- n. 2 celle di carico idrauliche -istallate al di sotto lei piede delle centine;
- n. 5 celle di pressione radiali;
- n. 6 barrette estensimetriche.

Stazioni secondarie

La stazione sarà di norma cosi composta:

- n. 6 mire ottiche removibili

Stazioni al fronte di scavo

La stazione dovrà essere, di norma, così composta:

- n. 9 mire ottiche removibili, posizionate quando si verifica un fermo cantiere di almeno 24-36 ore; la lettura di "zero" dovrà essere effettuata immediatamente, in modo che le successive letture siano condotte con frequenza di 1 lettura almeno ogni 2 ore; le mire ottiche andranno riposizionate sul fronte di scavo ad ogni fermo cantiere;
- n. 1 estensimetro per le misure di estrusione del fronte di scavo, di lunghezza ~~30~~ 36 m, con punti di misura ogni metro, inserito in posizione orizzontale al centro del fronte, immediatamente dopo l'eventuale intervento di stabilizzazione, in direzione parallela all'asse della galleria.

10.2.1 INTERPRETAZIONE E VERIFICA IN CORSO D'OPERA

In corso d'opera dovrà essere sistematicamente analizzata e documentata, sulla base dei rilievi tenso-deformativi, della valutazione della situazione geologica e geotecnica (geomeccanica), nonché in funzione delle lavorazioni condotte secondo le fasi e le cadenze stabilite in progetto, la corrispondenza con le ipotesi progettuali (c.d. Metodo Osservazionale, NTC2008).

L'elaborazione dei dati e la loro interpretazione dovrà condurre ad una verifica delle condizioni previste in progetto e ad una taratura degli interventi attribuiti alle singole sezioni di scavo.

A tal fine i monitoraggi dovranno consentire di:

- determinare l'appartenenza o meno di una particolare condizione del terreno ad una categoria di comportamento del fronte di scavo;
- verificare che i livelli di deformazione, di luce libera di scavo, di gradiente di deformazione e di stabilità del fronte siano corrispondenti a quelli definiti in progetto per le classi stesse;
- decidere, in tempi cantieristicamente accettabili, gli eventuali provvedimenti operativi da assumere in seguito alle misurazioni.

Gli obiettivi, la frequenza del posizionamento delle sezioni, la frequenza delle letture e la durata di installazione e lettura delle singole stazioni sono indicate nella Tabella 11-1Tabella 10-1, alla quale si farà riferimento in via orientativa.

Il rilievo geologico-geomeccanico del fronte di scavo non è discriminante per la determinazione delle classi di scavo o per la scelta degli interventi in galleria ma ha esclusiva funzione documentaria qualitativa.

Per quanto riguarda i valori di deformazione attribuiti alle singole classi di scavo ed in relazione ai sistemi di misura adottati, si precisa che per le misure topografiche con mire ottiche removibili e le misure di convergenza vale quanto segue:

- le deformazioni attese si riferiscono ad una qualsiasi delle basi di misura;
- il gradiente di deformazione si riferisce alla velocità di deformazione di una qualsiasi delle basi di misura;
- le mire ottiche utilizzate per il controllo delle convergenza del cavo devono essere posizionate a distanza non superiore a 100 cm dal fronte di scavo;
- la lettura di "zero" dovrà essere immediata;
- - la frequenza delle letture sarà funzione delle fasi lavorative e delle tecniche adottate e comunque sarà di norma così definita: 0 - 4h - 8h - 16h - 24h - 36h 48h - 72h;

- - i chiodi di convergenza dovranno essere lunghi almeno 1 m e resi solidali con il terreno al contorno;
- - le stazioni devono essere lette sino alla completa stabilizzazione dei valori.

Tabella 10-1: Caratteristiche delle Stazioni

stazione	Posizione	Letture	Durata
Imbocchi	Per ogni imbocco	Giornaliera	Per tutta la durata del cantiere
Gallerie superficiali urbane	Ogni 100 m o meno	Giornaliera o inferiore	Per tutta la durata del cantiere
Gallerie superficiali extraurbane	Ogni 250 m o meno	Giornaliera o inferiore	Per tutta la durata del cantiere
Fondamentali	Ogni 1000 m o meno	Giornaliera (se significativa) o superiore	Fino al collaudo (Strumentazione esterna)
Principali	500 m o meno	Giornaliera o inferiore	Oltre il passaggio del fronte (≥ 5 diametri) o fino al getto del rivestimento definitivo
Secondarie	Ogni 50 m o meno	Ogni fase lavorativa o inferiore	Oltre il passaggio del fronte (3 diametri) o fino al getto del rivestimento definitivo
Monitoraggio al fronte	Ogni campo di lavoro	Ogni 10 m	Fino al getto del rivestimento definitivo
Rilievo del fronte di scavo (in terreni sciolti e lapidei)	Ogni 10 m	Ogni 10 m	----------

10.3 MONITORAGGIO IN FASE DI ESERCIZIO

Le stazioni di misura da utilizzare in fase di esercizio, installate sia all'esterno che all'interno della galleria, sono volte a determinare:

- le deformazioni nel terreno intorno al cavo;
- le sollecitazioni nel rivestimento definitivo;
- le pressioni neutre nel terreno.

Le stazioni di misura dovranno essere articolate come segue:

- Stazioni per gli imbocchi e per gallerie superficiali urbane ed extraurbane;
- Stazioni fondamentali;
- Stazioni principali;
- Stazioni per gallerie rivestite in conci prefabbricati.

Stazioni per gli imbocchi e per gallerie superficiali, urbane ed extraurbane

La stazione dovrà essere, di norma, così composta:

- n. 5 celle di pressione radiali;
- n. 12 estensimetri da calcestruzzo (strain gauges), da installare in direzione circonferenziale; le misure saranno effettuate per mezzo di apposita centralina a registrazione automatica dei dati; gli estensimetri dovranno inoltre essere dotati di idonea apparecchiatura per il contemporaneo rilievo della temperatura.(Per la strumentazione all'esterno del cavo è valido quanto riportato nella corrispondente sezione del monitoraggio in corso d'opera).

Stazioni fondamentali

La stazione dovrà essere di norma composta da n. 4 martinetti piatti, incluso un taglio longitudinale in chiave.

Per la strumentazione all'esterno ed all'interno del cavo, dove le coperture lo consentano (h=60-70 m) si veda quanto riportato già nella corrispondente sezione del monitoraggio in corso d'opera.

Analogamente nel caso di coperture maggiori.

Stazioni principali

La stazione dovrà essere, di norma, attrezzata con n. 12 estensimetri da calcestruzzo.

Interpretazione e verifica in esercizio

L'interpretazione delle misure effettuate sui rivestimenti definitivi, in base al complesso delle prove eseguite, dovrà permettere di definire il campo tenso-deformativo esistente nella struttura stessa ed il più verosimile sistema di carichi esterni che lo determinano.

A tale scopo l'interpretazione si dovrà articolare come segue:

- determinazione dei legami funzionali tra i risultati di prova e lo stato tenso-deformativo nella struttura;
- determinazione dei legami funzionali tra situazione tenso-deformativa e carichi esterni, ipotizzando per il rivestimento un comportamento di tipo elastico lineare;
- analisi numerica dei risultati delle misure al fine di determinare la configurazione dei carichi esterni agenti sul rivestimento e il campo tenso-deformativo ad essa associato;

- valutazione delle condizioni di sicurezza della galleria.

Le procedure per le letture, la frequenza delle stazioni e le fasi operative per la migliore interpretazione dei dati, i cui livelli minimi sono comunque previsti nella Tabella 10-2.

Dovranno inoltre essere preventivamente definite le ulteriori verifiche necessarie e gli interventi successivi da eseguire nel caso dette sollecitazioni risultino incompatibili con i limiti indicati come sollecitazione ammissibile.

Tabella 10-2: Caratteristiche delle Stazioni

Stazione	Posizione	Letture (*)	Durata (*)
Imbocchi	Per ogni imbocco	Giornaliera	Per tutta la durata del cantiere
Gallerie superficiali urbane	100 m o meno	Giornaliera o inferiore	Fino al collaudo
Gallerie superficiali extraurbane	250 m o meno	Giornaliera o inferiore	Fino al collaudo
Fondamentali	1000 m o meno	Giornaliera (se significativa)	Fino al collaudo
Principali	500 m o meno	Giornaliera	Fino al collaudo
Monitoraggio conci prefabbricati	100 m o meno	Giornaliera o inferiore	

(*) Letture da effettuare, dopo il collaudo, con frequenza semestrale o inferiore, per la vita dell'opera

10.4 MONITORAGGIO PER SCAVO MECCANIZZATO

La strumentazione da predisporre per il monitoraggio delle gallerie, durante le fasi di consolidamento e scavo, deve consentire la misura delle seguenti grandezze:

- stato tensionale e di deformazione delle strutture sotterranee in costruzione, seguendone l'evoluzione temporale in rapporto alle lavorazioni in galleria ed alla distanza della sezione monitorata dalla posizione del fronte di scavo;
- cedimenti a piano campagna, in funzione delle perdite di volume durante le fasi di scavo;
- controllo dei parametri operativi della macchina, con particolare riferimento alle quantità di materiale asportato dalla camera di scavo in relazione all'avanzamento;
- in caso di presenza di fabbricati interferenti con il campo di spostamenti indotto dal passaggio della TBM, andrà prevista l'installazione di appositi strumenti di misura sugli stessi (staffe livellometriche, capisaldi e/o mire, clinometri, eventuali fessurimetri, accelerometri, ecc...) .

La strumentazione che si ritiene di disporre al fine di raccogliere tutte le informazioni necessarie sono: stazioni di convergenza, installate sull'anello appena montato all'interno dello scudo; barrette

estensimetriche per la misura delle deformazioni/tensioni radiali, previste nel getto dei conci e fissate all'armatura; trasduttori di pressione che rilevano la pressione del betoncino sull'estradosso, posti con distribuzione regolare lungo la circonferenza. In superfice, capisaldi topografici per la misura dei cedimenti, piezometri per la registrazione dei livelli di falda ed estenso-inclinometri per rilevare gli spostamenti relativi di una serie di basi di misura.

L'impresa provvederà alla redazione, 2 mesi prima dell'arrivo del primo componente della fresa in cantiere, di un dettagliato elaborato con indicazione della posizione della strumentazione per il monitoraggio e la descrizione di ogni singola stazione di misura.

11 PROVE E CONTROLLI

11.1 DISPOSIZIONI GENERALI

La seguente specifica si applica ai vari tipi di lavorazione connessa con la costruzione di gallerie.

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.

La procedura delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e dovrà essere incrementata in ragione della difficoltà e importanza dell'opera.

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 dei materiali incontrati negli scavi.

11.2 SCAVI A CIELO APERTO

Nel corso dei lavori, al fine di verificare la rispondenza della effettiva situazione geotecnica-geomeccanica con le ipotesi progettuali, la D.L., 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 mc 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 D.L..

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, nonché l'individuazione della orientazione e delle caratteristiche delle discontinuità presenti.

Per tali rilievi, si ritengono valide le indicazioni riportate nella sezione "sondaggi e prove in sito" del presente Capitolato. 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. Le risultanze di tali determinazioni dovranno essere supportate da apposito verbale e mediante l'ausilio di un opportuno rilievo lito-stratigrafico.

11.3 SCAVI A FORO CIECO

Nel corso dei lavori, al fine di verificare la rispondenza della effettiva situazione geotecnica-geomeccanica con le ipotesi progettuali, la D.L., in contraddittorio con l'Impresa, dovrà effettuare la determinazione delle caratteristiche del terreno o roccia sul fronte di scavo.

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.

In sito nel caso di terreni si dovrà procedere al rilievo dell'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.

Nel caso di ammassi rocciosi si dovrà procedere al rilevamento geologico-geomeccanico del fronte, al fine di identificare la litologia presente e le reali situazioni incontrate mediante l'impiego di opportune classificazioni tecniche, là dove applicabili.

Per tali rilievi, si ritengono valide le indicazioni riportate nella sezione "sondaggi e prove in sito" del presente Capitolato.

Nel caso di ammassi a comportamento intermedio tra quello di una roccia e quello di un terreno, le suddette metodologie dovranno essere integrate.

Le risultanze di tali determinazioni dovranno essere supportate da apposito verbale e mediante l'ausilio di un opportuno rilievo stratigrafico.

La frequenza delle prove e dei rilievi dovrà essere indicata in sede di apposito piano di monitoraggio in galleria.

Le prove dovranno comunque essere effettuate:

- all'inizio dei lavori da ciascun imbocco;

- in occasione di ogni cambiamento manifesto delle caratteristiche litologiche e/o geomeccaniche;
- ogni campo di scavo;
- ogni qualvolta richiesto dalla D.L..

11.4 CENTINE METALLICHE, RETI DI ACCIAIO A MAGLIE ELETTROSALDATE E SCALETTE DI RINFORZO

Ogni lotto di materiale impiegato dovrà essere accompagnato dai relativi certificati attestanti la conformità alla normativa vigente.

I materiali sprovvisti dei suddetti certificati non potranno essere posti in opera.

In corso d'opera si dovrà verificare il corretto posizionamento dell'armatura e la sua corrispondenza con i disegni di progetto, nonché la corretta esecuzione delle giunzioni.

La D.L. potrà effettuare saggi e prove a sua discrezione sui materiali impiegati.

Tali prove saranno a cura dell'Impresa.

11.5 ANCORAGGI

Per quanto concerne le prove e controlli sugli ancoraggi si faccia riferimento al Capitolato "Opere d'arte minori - Opere di consolidamenti, reti e Protezione"

11.6 CONGLOMERATO CEMENTIZIO SPRUZZATO

Per quanto concerne le prove e controlli sui conglomerati spruzzati si faccia riferimento al Capitolato "Calcestruzzi e acciai per cemento armato"

Il conglomerato cementizio, dovrà comunque presentare una Rck ≥ 30 Mpa dopo 28 giorni, con una resistenza media a compressione monoassiale, dopo 48 ore dalla posa in opera, determinata su quattro campioni, che dovrà risultare non inferiore ai 13 Mpa.

11.7 CONGLOMERATO CEMENTIZIO SPRUZZATO FIBRORINFORZATO

In corso d'opera si procederà al controllo della quantità di fibra immessa mediante prelievo alla bocca della betoniera di tre campioni di conglomerato di volume predeterminato da cui estrarre le fibre rapportandone il peso effettivo a quello teorico.

Si dovrà verificare che le fibre soddisfino alle prescrizioni riportate nel punto 6.3.2 del presente Capitolato e che per ogni lotto di fibre, questo sia dotato dei corrispondenti certificati richiesti per il materiale costituente le fibre.

In caso contrario il materiale non potrà essere posto in opera.

Il contenuto di fibre nella miscela dovrà essere determinato dalla media dei valori ricavati sui tre campioni, mediante separazione per lavaggio.

Nel caso si verifichi uno scostamento medio rispetto al quantitativo teorico in meno, non superiore al 10%, verrà applicata una penale; qualora lo scostamento fosse superiore al 10% il conglomerato sarà considerato non rinforzato.

Si dovrà verificare che lo strato superficiale del conglomerato cementizio spruzzato, per uno spessore di 3 cm, dovrà essere steso senza impiego di fibre d'acciaio, nel caso di presenza di manto di impermeabilizzazione, allo scopo di evitare possibili danni alla guaina stessa.

Le caratteristiche del conglomerato cementizio proiettato fibrorinforzato, dovranno essere verificate attraverso le seguenti prove:

- - resistenza a compressione monoassiale;
- - prova di assorbimento di energia.

11.8 CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA

Il conglomerato cementizio gettato in opera dovrà soddisfare le prescrizioni ed i controlli previsti dalla normativa vigente per le opere di conglomerato cementizio e quanto riportate al punto 7.1 del presente Capitolato e nello specifico Capitolato "calcestruzzi e acciai per CA".

Saranno predisposti a cura e spese dell'impresa controlli preventivi dello spessore del rivestimento, mediante PCQ, corredati di rilievi topografici del profilo d'estradosso del rivestimento definitivo, il passo delle sezioni di controllo sarà indicato dalla D.L..

La D.L. potrà richiedere l'esecuzione di eventuali prove aggiuntive per verificare le caratteristiche del calcestruzzo posto in opera, tali prove sono a cura dell'Impresa.

11.9 CONCI PREFABBRICATI PER SCAVO MECCANIZZATO

In fase di pre-qualifica andranno effettuate (per ogni tipologia di concio prevista in progetto) a cura e onere dell'Impresa e su indicazione della Direzione Lavori le seguenti prove:

- prova a flessione sul singolo concio;
- prova simulante le spinte della TBM sul concio (giunto circonferenziale);

- prova sul giunto longitudinale;
- prova di infissione/estrazione di connettori eseguita sui conci o su opportuni blocchi di calcestruzzo;
- prova di taglio di connettori eseguita sui conci o su opportuni blocchi di calcestruzzo;
- prova di estrazione di bulloni eseguita sui conci o su opportuni blocchi di calcestruzzo;
- prova di tenuta idraulica della guarnizione;
- prova carico deformazione della guarnizione;
- prova al fuoco del concio sottoposto a carichi statici.

La prova al fuoco del concio, sottoposto a carichi statici, dovrà verificare dal vero le assunzioni progettuali relative alla riduzione di sezione a seguito di eventuali fenomeni di spalling.

11.9.1 PROVE DI QUALIFICA E NORME DI RIFERIMENTO

Nella tabella sottostante si riportano le prove di qualifica relative al calcestruzzo per i conci prefabbricati con le norme di riferimento, già elencate nei paragrafi precedenti.

Tabella 11-1: Prove di qualifica sul calcestruzzo per conci prefabbricati.

Tipi di prova	Norma di riferimento
Prove su Calcestruzzo fresco	
Consistenza 1/5 e 4/5	UNI EN 12350-2
Massa volumica cls fresco	UNI EN 12350-6
Contenuto d'aria	UNI EN 12350-7
Acqua essudata	UNI 7122
Composizione del cls fresco	UNI 6393
Prove su Calcestruzzo indurito	
Compressione 1,3,7,14 e 28 gg.	UNI EN 12390-3
Massa volumica	UNI 6394-2
Resistenza a trazione Indiretta	UNI EN 12390-6
Profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione	UNI EN 12390-8

Tabella 11-2: Prove di qualifica aggregati e componenti per conci prefabbricati

Tipi di prova	Norma di riferimento
Prove su Aggregati	
Analisi granulometrica	UNI EN 933-1
Passante a 0,063mm	UNI EN 933-1
Descrizione petrografica	UNI EN 932-3
Indice di appiattimento e di forma	UNI EN 933-3 e 933-4
Resistenza all'usura e alla frammentazione	UNI EN 1097-2

Contenuto di argilla	UNI EN 1744-1
Sostanze organiche	UNI EN1744-1
Degradabilità	UNI EN 1367-1 e 2
Contenuto in solfati e cloruri solubili in acqua	UNI EN 1744-1
Reattività agli alcali	UNI 8520-22
Equivalente in sabbia e valore di blu	UNI EN 933-8 e 933-9
Determinazione della massa volumica SSA e dell'assorbimento degli aggregati	UNI EN 1097-6
Prove sui componenti	
Acqua	UNI EN 1008
Cemento	UNI EN 197
Additivi	UNI EN 934-2

11.9.2 TOLLERANZE DIMENSIONALI

Le tolleranze dimensionali dei conci prefabbricati che devono essere rispettate dall'Impresa sono le seguenti:

- Raggio concio ± 1.0 mm
- Spessore concio ± 1.0 mm
- Planarità fasce di contatto ± 0.2 mm
- Profondità cava ± 0.3 mm – 0.0 mm
- Larghezza concio ± 0.5 mm
- Deviazione superficie interna ± 1.0 mm
- Sviluppo concio ± 0.5 mm
- Angoli ± 0.3 °
- Posizione dei fori Biblock ± 0.5 mm
- Posizione altri inserti ± 1.0 mm

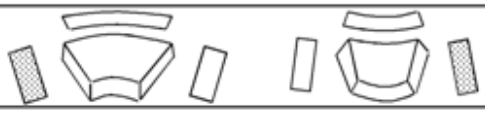
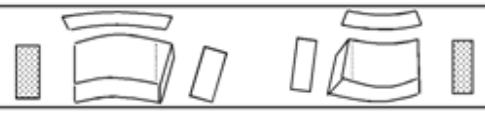
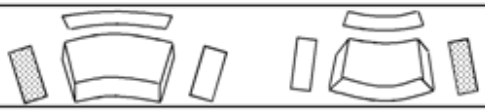
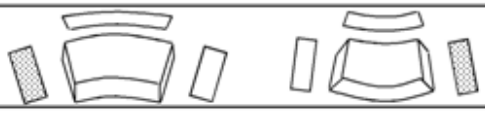
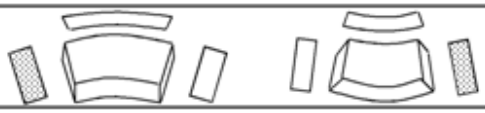
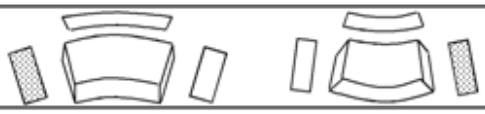
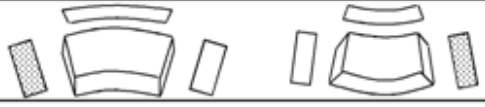
Sistematici controlli dovranno essere condotti per le misure principali, con strumentazione avente precisione di 0.1 mm. Analoghi controlli dovranno essere effettuati sulle casseforme, provvedendo ad eventuali correzioni.

Anche con riferimento ai conci la Direzione Lavori, preposta alla verifica, nel caso in cui ravvisi delle difformità nei materiali utilizzati, dovrà redigere delle schede di controllo qualità sia dei manufatti

che delle opere previste e, ove ne ricorrano i presupposti, un modulo di "Non Conformità". Di seguito sono riportati due esempi di schede di controllo che devono essere redatte da parte della Direzione Lavori/Alta Sorveglianza.

SCHEDA DI CONTROLLO MANUFATTI

COD. APPALTO	WBS:	MACRO ATTIVITA'	OPERA	PARTE D'OPERA
		Produzione di conci prefabbricati di rivestimento Galleria xxxxxx		

Concio *(A-B-C…)*	Matricola *(NNNNN)*	Difetto *(v. legenda)*	Indicazione del/dei punto/i non conformi	Riparazione (eventuale)
A	____	OK NC		Data ____ Esito ____ DL Impresa
B	____	OK NC		Data ____ Esito ____ DL Impresa
C	____	OK NC		Data ____ Esito ____ DL Impresa
D	____	OK NC		Data ____ Esito ____ DL Impresa
E	____	OK NC		Data ____ Esito ____ DL Impresa
F	____	OK NC		Data ____ Esito ____ DL Impresa
G	____	OK NC		Data ____ Esito ____ DL Impresa
H	____	OK NC		Data ____ Esito ____ DL Impresa
I	____	OK NC		Data ____ Esito ____ DL Impresa
L	____	OK NC		Data ____ Esito ____ DL Impresa

Legenda difetti :

1 - Sbeccatura senza evidenza di ferri d'armatura
2 - Sbeccatura con evidenza di ferri d'armatura
3 - Fessurazioni superficiali
4 - Fessurazioni profonde
5 - Difetti sede alloggiamento guarnizione
6 - Difetti di grandi dimensioni

Note:

DATA: _____ **DIREZIONE LAVORI** _____ **IMPRESA** _____

SCHEDA DI CONTROLLO

OPERAZIONI PRELIMINARI E GETTO

COD. APPALTO	WBS	MACRO ATTIVITA'	OPERA	PARTE D'OPERA
		Produzione di conci prefabbricati di rivestimento Galleria xxxxxxx		

CONTROLLI PRELIMINARI AL GETTO			
Controllo da eseguire	*Conformità*		*Indicare il/i concio/i non conforme/i*
❑ rispetto tolleranze dimensionali casseri (v.scheda xxxxxx)	C	NC	
❑ armatura longitudinale sup. e inf.: diametri, passo, distanziatori	C	NC	
❑ armatura di ripartizione: diametri, passo, distanziatori	C	NC	
❑ armatura di pelle (rete elettrosaldata), diametro, distanziatori	C	NC	
❑ presenza e posizionamento inserti, boccole, cuffie (con spirali)	C	NC	
❑ pulizia cassero e presenza disarmante	C	NC	

Indicare eventuali misurazioni a campione eseguite su diametri, interferri, copriferri:

Posiz. e batteria concio	*Misura eseguita*	*Valore di riferimento*
Posiz. e batteria concio	*Misura eseguita*	*Valore di riferimento*
Posiz. e batteria concio	*Misura eseguita*	*Valore di riferimento*
Posiz. e batteria concio	*Misura eseguita*	*Valore di riferimento*

Rck (MPa) : **50** **Cod. mix** **R50xxxxxx-**

CONTROLLO OPERAZIONI DI GETTO											
Tipo concio *(I-II)*	**Posiz.** *(A-B-C..)*	**Batteria** *(1-2-3-4)*	**Matric.** *(NNNNN)*	**DDT cls**	**Data getto** *(gg/mm/aa)*	**Ora iniz. getto** *(hh.mm)*	**Ora fine getto** *(hh.mm)*	**Verbale prelievo**	**Slump** *(cm)*	**n. provini**	**Ora scassero** *(hh.mm)*
I	G										
I	C										
I	I										
I	D										
I	B										
I	H										
I	L										
I	F										
I	E										
I	A										

TEMPERATURA CLS:

Note:

Armatura :

- ☐ *T1 (diam. 8-10-12-16-18-22)*
- ☐ *T1A (diam. 8-10-12-16)*
- ☐ *T1B (diam. 8-10-12-16)*
- X *T1C (diam. 8-10-12-16)*
- ☐ *T2A (diam. 8-10-12-16)*

DDT Acciaio per il presente anello: _____

Compilare preferibilmente una scheda per anello. Indicare eventuali forni o problemi riscontrati in fase di getto.

ESITO DEI CONTROLLI IN FASE DI ESECUZIONE		
❑ CONFORME	❑ NON CONFORME	❑ ACCETTATO CON RISERVA

DATA: **DIREZIONE LAVORI** **IMPRESA**

11.10 DRENAGGI

Si dovrà verificare che i materiali impiegati siano dotati dei certificati richiesti dal presente Capitolato, e che questi soddisfino le prescrizioni richieste.

Nel caso in cui i materiali non soddisfacessero i predetti requisiti, questi dovranno essere allontanati dal cantiere e sostituiti con altri aventi i predetti requisiti.

Nel caso in cui questi siano già stati posti in opera, dovranno essere rimossi e sostituiti con altri idonei.

In corso d'opera si dovrà verificare il corretto posizionamento plano-altimetrico dei tubi costituenti le canalette di raccolta, con frequenza giornaliera, o ogni lotto di lavoro se di durata inferiore.

Si dovrà verificare che le dimensioni del diametro delle perforazioni dei tubi drenanti, sia quella prevista in progetto, così come la lunghezza della perforazione.

Si dovrà verificare che il foro sia perfettamente pulito, prima della posa in opera del tubo drenante.

Tali controlli dovranno essere effettuati ogni 50 tubi posti in opera.

La D.L. potrà in ogni caso ordinare che vengano sottoposti ad ulteriori prove di controllo i suddetti materiali, per accertarne le loro caratteristiche e la validità della posa in opera.

Tali controlli sono a cura dell'Impresa.

11.11 IMPERMEABILIZZAZIONE

Per quanto riguarda i materiali questi dovranno soddisfare i requisiti che sono riportati al punto 8.1 del presente Capitolato, per ogni lotto di fornitura.

Nel caso che i materiali non soddisfacessero i predetti requisiti, questi dovranno essere allontanati dal cantiere e sostituiti con altri aventi i predetti requisiti.

Nel caso in cui questi siano già stati posti in opera, dovranno essere rimossi e sostituiti con altri idonei.

Il tutto a cura e spese dell'Impresa.

Per quanto riguarda i geotessili, si dovranno effettuare i controlli riportati nella Capitolato "Movimenti di Terra" .

Si dovrà inoltre verificare che questi siano posti in opera correttamente secondo le prescrizioni riportate nel punto 8.1 del presente Capitolato.

Si dovrà verificare che le venute d'acqua più consistenti siano opportunamente convogliate.

Si dovrà verificare che le parti metalliche sporgenti, siano opportunamente ricoperte con betoncino proiettato.

Si dovrà inoltre verificare che le guaine in PVC siano poste in opera correttamente e con le volute sovrapposizioni secondo le prescrizioni riportate nel punto 8.1 del presente Capitolato.

I giunti di saldatura, realizzati mediante termosaldatura, dovranno essere verificati in ragione di almeno una prova ogni 10 giunti, o frazione di 10 e ciascuna prova dovrà essere verbalizzata.

Nel caso in cui la prova dia esito negativo, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, al rifacimento delle saldature difettose, eventualmente anche con sostituzione delle guaine compromesse.

Tuttavia, la D.L. potrà sottoporre a prove tutti i giunti, senza che per questo l'Impresa stessa possa reclamare alcun compenso.

La D.L. potrà in ogni caso ordinare che vengano sottoposti ad ulteriori prove di controllo i suddetti materiali, per accertarne le loro caratteristiche e la validità della posa in opera.

11.12 PRECONSOLIDAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO

Per quanto riguarda il materiale questi dovranno soddisfare i requisiti che sono riportati nel punto 5.1 del presente Capitolato, che dovranno essere documentati da idonea certificazione del produttore per ogni lotto di materiale posto in opera.

Qualora i materiali non soddisfacessero i predetti requisiti, questi dovranno essere allontanati dal cantiere e sostituiti con altri aventi i predetti requisiti.

Il tutto a cura e spese dell'Impresa.

L'esecuzione di ogni trattamento di preconsolidamento con elementi di rinforzo in vetroresina, sarà documentato mediante compilazione da parte dell'Impresa, in contraddittorio con la D.L., di una apposita scheda contenente le seguenti registrazioni:

- identificazione di ciascun tubo, con riferimento alla sezione tipo di progetto;
- data di esecuzione delle perforazioni e delle relative iniezioni;
- lunghezza di ciascun tubo;
- assorbimento di miscela nell'iniezione di ciascun tubo;
- eventuale additivo impiegato.

Durante il rilevamento si dovrà verificare che la posa in opera del trattamento sia tale da soddisfare le tolleranze prescritte da questo Capitolato, e la richiesta sovrapposizione prevista in progetto.

Nel corso delle operazioni di iniezione, si dovranno prelevare campioni della miscela di iniezione, almeno ogni 50 tubi posti in opera, e comunque con frequenza giornaliera, per eseguire le prove

definite nello studio preliminare di qualificazione della stessa miscela. Per consentire l'effettuazione delle prove previste in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'Impresa dovrà disporre di uno o più laboratori attrezzati, in cantiere e/o all'impianto di confezionamento.

Sulle armature poste in opera, dovranno essere effettuate delle prove di strappo, per verificare la validità delle prescrizioni progettuali e della bontà della posa in opera.

Tali prove, dovranno essere effettuate in numero minimo di una prova ogni 300 chiodi posti in opera, e comunque ogni 50 m di avanzamento dello scavo.

La D.L. potrà in ogni caso ordinare che vengano sottoposti ad ulteriori prove di controllo i materiali costituenti l'elemento di rinforzo, il tutto a cura dell'Impresa.

11.13 INIEZIONI

In sede di prequalifica, le miscele confezionate in cantiere dovranno essere sottoposte alle seguenti prove, ricavando 10 provini da tre impasti di prova consecutivi:

- composizione e rapporto acqua/cemento;
- peso specifico;
- viscosità Marsh;
- viscosità apparente (Rheometer);
- pressofiltrazione;
- tempo di presa;
- decantazione;
- dati per la identificazione dei campioni prelevati per le successive prove di laboratorio (resistenza a compressione monoassiale, permeabilità).

I materiali dovranno soddisfare le indicazioni previste dal presente Capitolato, nonché essere compatibili con la situazione ambientale.

L'esecuzione dei trattamenti sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa, in contraddittorio con la D.L., di una apposita scheda sulla quale si registreranno i seguenti dati:

- progressiva del trattamento misurata dall'imbocco della galleria;
- individuazione di ciascun punto di iniezione;
- per ogni punto di iniezione:
  - data di inizio e termine della perforazione, nonché le sue modalità;

- profondità di perforazione, lunghezza e lunghezza del tubo di iniezione e sue caratteristiche;
- numero delle valvole di iniezione;
- per ogni valvola di iniezione, i seguenti parametri di iniezione assegnati in sede progettuale:
    - volume massimo Vmax (litri);
    - portata (litri/min);
    - eventuale pressione massima p_{max}.

- In relazione ai diversi tipi di comportamento del terreno:
    - pressione iniziale di rottura della valvola p_0 (bar);
    - pressione al termine dell'iniezione p_{fim}, p_{creack}, p_{rif} (bar);
    - assorbimento di miscela Vin (litri);
    - tempo di iniezione (t);
    - portata (litri/min) dell'eventuale iniezione di IIª fase;
    - pressione iniziale e finale dell'eventuale iniezione di IIª fase;
- tipi e quantità degli additivi acceleranti ed antiritiro impiegati;
- caratteristiche della miscela utilizzata:
    - composizione;
    - peso specifico;
    - viscosità Marsh;
    - decantazione;
    - dati per la identificazione dei campioni prelevati per le successive prove di laboratorio (resistenza a compressione monoassiale).

Per ogni lotto di materiale impiegato (tubi a valvola e guaine), si dovranno verificare i certificati corrispondenti alle specifiche richieste al punto 5.5 del presente Capitolato.

In caso contrario il materiale non potrà essere posto in opera, e dovrà essere sostituito con materiale idoneo.

La D.L. potrà in ogni caso ordinare che vengano sottoposti ad ulteriori prove di controllo i materiali impiegati, il tutto a cura dell'Impresa.

Si dovrà verificare che la posizione planimetrica delle perforazioni soddisfi le tolleranze richieste, nonché la avvenuta pulizia del foro da detriti.

In sede esecutiva, i controlli, a cura e spese dell'Impresa, eseguiti in contraddittorio con la Direzione Lavori e con la frequenza di seguito indicata, dovranno essere finalizzati a verificare le congruenze dei risultati conseguiti con le tolleranze ammesse e le soglie minime di resistenza.

Lo spessore dello strato di terreno consolidato, la sua resistenza a compressione e l'R.Q.D., dovranno essere accertati mediante carotaggi a rotazione continua con batteria di aste e doppio carotiere tipo T2 e/o T6S con corone diamantate di diametro nominale ≥ 100 mm, con la frequenza di almeno tre carotaggi per ogni 10 m di galleria preconsolidata.

I carotaggi dovranno essere eseguiti dopo l'applicazione del rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio spruzzato, posizionandoli nei Punti scelti dalla Direzione Lavori con andamento radiale rispetto all'asse della galleria e dovranno essere spinti per l'intero spessore dello strato di terreno consolidato fino a penetrare nel terreno naturale.

Le carote estratte devono essere custodite con cura in apposite cassette catalogatrici.

In questa fase dovrà essere determinato l'indice R.Q.D. (Indice di Recupero Modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto dei soli spezzoni di carota di lunghezza ≥ 100 mm:

$$\text{R.Q.D}=\frac{somma\ della\ lunghezza\ degli\ spezzoni\ \geq 100}{lunghezza\ perforata} * 100$$

Da ogni carota verranno selezionati alcuni spezzoni da sottoporre a prove di resistenza a compressione semplice con rilievo della curva sforzi-deformazioni nei diversi tempi di maturazione, ed in particolare per i tempi di maturazione corrispondenti a quelli dell'effettivo utilizzo del lavoro, che dovranno comunque soddisfare le indicazioni riportate nel punto 5.5.

La resistenza a compressione monoassiale, verrà determinata come la media dei risultati ottenuti su quattro provini.

In alternativa alla realizzazione di perforazioni a carotaggio per il recupero del materiale ai fini delle determinazioni di cui sopra potranno essere utilizzati metodi basati su controlli indiretti mediante prove Cross-Hole o carotaggi sonici da effettuarsi prima e dopo il trattamento colonnare al fine di verificare il raggiungimento delle caratteristiche di progetto.

La D.L. potrà in ogni caso ordinare che si proceda ad ulteriori prove di controllo, il tutto a cura e spese dell'Impresa.

11.14 INFILAGGI

I materiali costituenti il singolo infilaggio dovranno essere certificati dal produttore, in modo da soddisfare le indicazioni riportate nel Punto 5.3 del presente Capitolato.

Nel caso in cui non siano dotati delle suddette certificazioni, il materiale non potrà essere posto in opera.

Per quanto riguarda la miscela di iniezione si ritengono valide le indicazioni riportate nel punto 11.5 del presente Capitolato, valido per gli ancoraggi.

L'esecuzione di ogni singolo infilaggio 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:

- identificazione dell'infilaggio;
- data di inizio perforazione e termine iniezione, nonché sue modalità;
- profondità della perforazione, con inizio e fine tratto armato;
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione e sue caratteristiche.

Si dovrà verificare che ogni singolo elemento posto in opera soddisfi le tolleranze richieste.

La D.L. potrà in ogni caso ordinare che vengano sottoposti ad ulteriori prove di controllo, per accertarne le loro caratteristiche e la validità della posa in opera.

11.15 JET – GROUTING

Per quanto concerne le prove e controlli sui trattamenti colonnari si faccia riferimento al Capitolato "Opere d'arte minori - Opere di consolidamenti, reti e Protezione"

11.16 PRECONTENIMENTO MEDIANTE VOLTA CONTINUA IN ELEMENTI TRONCO-CONICI (PRETAGLIO)

I controlli sulla volta continua in elementi troncoconici, in conglomerato cementizio eventualmente fibrorinforzato, dovranno essere eseguiti a cura e spese dell'Impresa, sotto il controllo della D.L..

Si dovrà verificare la congruenza dei risultati conseguiti in sede operativa, per quanto riguarda la geometria del trattamento, la continuità strutturale dello stesso nonché le soglie minime di resistenza dei materiali impiegati.

Le caratteristiche del conglomerato cementizio impiegato, saranno accertate, così come descritto nei punti 6.3, 5.6, 11.6 e 11.7 del presente Capitolato.

Parallelamente a queste indagini, si dovranno eseguire dei carotaggi delle volte realizzate con una frequenza, di almeno 5 carote ogni 50 m di galleria realizzata, per determinare le caratteristiche e gli spessori del conglomerato posto in opera.

12 NORME PER LA MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE DEI LAVORI

12.1 GENERALITÀ

La direzione dei lavori potrà procedere in qualunque momento all'accertamento ed alla misurazione delle opere compiute: l'Impresa metterà a disposizione tutto il personale, i materiali e le attrezzature necessarie per le operazioni di tracciamento e misura dei lavori, né potrà senza autorizzazione scritta della Direzione dei Lavori e/o Alta Sorveglianza distruggere o rimuovere capisaldi o eliminare le tracce delle operazioni effettuate, anche se terminate.

Ove l'Impresa non si prestasse a eseguire in contraddittorio tali operazioni, gli sarà assegnato un termine perentorio, scaduto il quale, i maggiori oneri che si dovranno per conseguenza sostenere gli verranno addebitati; in tal caso, inoltre, l'Impresa non potrà avanzare alcuna richiesta per eventuali ritardi nella contabilizzazione o nell'emissione dei certificati di pagamento.

Resta stabilito, che sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Impresa 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 tradurre, in almeno duplice copia su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione dei Lavori e/o Alta Sorveglianza per il necessario preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, eseguite in contraddittorio con l'Impresa, 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 d'acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

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

Si precisa che:

- i lavori compensati a "misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevato dalla Direzione dei Lavori e/o Alta Sorveglianza in contraddittorio con l'Impresa durante l'esecuzione dei lavori.
- I lavori da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera, a discrezione dalla Direzione dei Lavori e/o Alta Sorveglianza attraverso le misure geometriche, a peso, a numero, e confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante

ed allegati al Contratto d'Appalto, le determinazioni sopra riportate saranno messe in relazione con le aliquote riportate nella tabella di percentualizzazione delle opere a corpo, al fine di determinare l'aliquota di avanzamento.

Per la predisposizione degli Stati d'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 relative 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'Impresa, la Direzione dei Lavori e/o Alta Sorveglianza provvederà, con le modalità stabilite, 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.

12.2 SCAVI

Nel compenso dello scavo in galleria, da eseguirsi in base al tipo di sezione stabilito, tratto per tratto nei disegni esecutivi, sono compresi eventuali maggiori volumi dovuti ad irregolarità delle pareti di scavo, ovvero a cavità di qualunque specie, esistenti o formatesi durante la esecuzione dei lavori. In ogni caso la misurazione e la contabilizzazione dei volumi di scavo, sarà effettuata determinando le relative quantità teoriche desumibili dalle sezioni tipo di progetto, non saranno in nessun caso riconosciuti sovra scavi o fuori sagoma che dovessero eccedere il volume teorico della sezione tipo.

Lo sgombro di materiale eventualmente franato verrà compensato a parte solo eccezionalmente, nel caso di franamenti o cedimenti non imputabili a deficienza di armature, e comunque non dovuti a negligenza od inesperienza dell'Impresa. Il prezzo dello scavo in galleria comprende, oltre agli oneri relativi agli scavi in genere, anche quelli inerenti allo specifico tipo di lavoro; tra questi, a titolo esemplificativo, si intendono compresi gli oneri per armature provvisionali di qualsiasi tipo recuperate o perse, per i provvedimenti conseguenti a venute di gas, per gli aggottamenti necessari, per la raccolta dietro le murature di rivestimento della calotta e dei piedritti delle acque di infiltrazione e di sorgenti incontrate nell'escavazione delle gallerie ed il loro convogliamento in apposite cunette, per eventuali trovanti rinvenuti in terreni sciolti, intendendo tale dizione generica comprensiva di tutto quanto necessario per rendere possibile la regolare esecuzione degli scavi in galleria anche in presenza di forti portate di acqua di filtrazione o provenienti dallo svuotamento di sacche. Con il prezzo dello scavo sono altresì compensati gli oneri connessi alla necessità di dover cambiare, durante la costruzione della galleria, i vari sistemi di scavo e l'impiego di specifiche attrezzature in rapporto al mutare delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni attraversati e del loro comportamento in relazione alla decompressione dell'ammasso, nonché l'onere relativo alla esecuzione dello scavo ed alla presenza dell'arco rovescio, (compensato con altro prezzo), entro tre diametri, ovvero entro 1,5 diametri dal fronte di scavo.

Le centine metalliche, i relativi distanziatori e la rete di acciaio a maglie elettrosaldate saranno compensate con i relativi articoli di Elenco Prezzi ed il loro peso sarà determinato con le norme di cui all'articolo di riferimento. Ovvero determinando analiticamente il peso dei vari elementi prendendo a riferimento il peso specifico dell'acciaio pari a 7850 kg/mc, nel caso in cui il peso registrato nei verbali di pesatura eccedesse il peso teorico determinato analiticamente, sarà riconosciuta esclusivamente una maggiorazione per tolleranze di trafila, fino ad un massimo del 3% . I tiranti in roccia realizzati con barre d'acciaio o con aste in fibra sintetica in conformità alle prescrizioni del progetto ed agli ordini impartiti dalla D.L. saranno compensati con i relativi articoli di Elenco Prezzi. Come pure saranno compensate a parte con i relativi prezzi di elenco tutte le categorie di lavoro da adottare per conseguire il precontenimento del cavo ed il preconsolidamento del fronte di scavo

Si precisa che, nel caso di rescissione del contratto di appalto, tutte le armature in opera degli scavi rimarranno di proprietà dell' ANAS. e non potranno in alcun modo essere asportate.

L'Impresa non potrà pretendere per tali armature alcun compenso, oltre il pagamento dei materiali in base ai prezzi di Elenco a piè d'opera.

L'eventuale prezzo dello scavo in cunicolo con fresa integrale a testa rotante comprende e compensa l'onere della esecuzione, in avanzamento di 30-40 m rispetto alla testa della fresa, di un foro esplorativo del diametro non inferiore a cm 10.

Detto prezzo comprende infine tutti gli oneri e soggezioni derivanti da presenza o venuta d'acqua per una portata fino a 5 litri/sec. per le tratte in salita e 4 litri/sec. per quelle in discesa.

Per portate superiori, e per tratte in cui queste effettivamente si verifichino, qualora l'onere corrispondente determinato sia superiore al 5% del compenso fissato per lo scavo della galleria verrà riconosciuto, a favore dell'Impresa, un equo compenso, nelle forme e nei modi stabiliti dal Codice Civile.

12.3 CALCESTRUZZO SPRUZZATO

La misurazione e contabilizzazione dei volumi di calcestruzzo spruzzato sia al contorno che sul fronte di scavo, sarà effettuata secondo gli spessori teorici indicati negli elaborati di progetto, o ordinati di volta in volta dalla Direzione dei Lavori e/o Alta Sorveglianza.

Nei prezzi di Elenco relativi, si intendono compresi e compensati gli eventuali maggiori oneri derivanti dal riempimento di irregolarità delle pareti di scavo oltre lo spessore teorico, intendendosi che tale riempimento andrà eseguito con lo stesso materiale e la stessa modalità prevista per il rivestimento di calcestruzzo spruzzato. Si specifica che, in ogni caso, non saranno tollerate riduzioni di spessore, dovute a irregolarità delle pareti di scavo, di oltre un terzo dello spessore teorico, e solamente in corrispondenza di singole punte di parete maggiormente sporgente.

Nel solo caso di caverne o cavità causate da cedimenti o franamenti non imputabili a deficienza di armatura o, in generale, a negligenza dell'Impresa, sarà eseguito a tergo o al disotto dello spessore ordinato di calcestruzzo spruzzato, un riempimento con calcestruzzo normale che verrà compensato a parte.

Si intendono compresi e compensati con il prezzo d'Elenco tutti gli oneri e sfridi di qualsiasi entità conseguenti al sistema di lavoro.

Si precisa che i prezzi di elenco, relativi alle varie categorie di lavoro in galleria, vanno applicati qualunque sia la lunghezza della galleria e qualunque sia la distanza del fronte di scavo dall'imbocco o dagli imbocchi della galleria stessa.

12.4 CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA

Per quanto concerne la contabilizzazione del conglomerato gettato in opera si faccia riferimento al Capitolato "calcestruzzi e acciai per CA".

12.5 IMPERMEABILIZZAZIONE

L'impermeabilizzazione in sotterraneo con guaine in PVC verrà compensata per i tratti e le superfici ordinate dalla Direzione dei Lavori e/o Alta Sorveglianza, col corrispondente prezzo di Elenco.

La superficie da contabilizzare sarà ottenuta moltiplicando la lunghezza del tratto rivestito per lo sviluppo del rivestimento stesso, lungo la superficie di separazione fra il prerivestimento di calcestruzzo spruzzato e il rivestimento definitivo; il computo sarà effettuato secondo le dimensioni teoriche stabilite dal progetto esecutivo.

Tutti gli oneri connessi alla strumentazione e controllo tenso-deformativo nelle varie fasi realizzative della galleria, sono a totale carico dell'impresa esecutrice sulla base delle previsioni del progetto esecutivo, e delle determinazioni della D.L. sia in fase preventiva che in corso d'opera.

12.6 TIRANTI CHIODI E BULLONI

La misurazione corrisponderà alla lunghezza dell'ancoraggio introdotto, a partire dal filo esterno della piastra di ancoraggio.

12.7 DRENAGGI

Le profondità che daranno luogo alla applicazione dei prezzi, si misurerà dalla quota inferiore del foro fino alla quota di testa dreno.

12.8 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO

Al fine di determinare gli assorbimenti di malta iniettata, i dispositivi di stoccaggio e iniezione dovranno essere dotati di apposito contalitri. Tali dispositivi dovranno essere dotati di specifico certificato di taratura in corso di validità.

La lettura delle misurazioni avverrà a cura dell'impresa con verifica da parte della Direzione dei Lavori e/o Alta Sorveglianza.

Le misure dovranno avvenire all'inizio e alla fine di ogni turno di lavoro e dovranno essere riportate su specifica scheda con riportato il nominativo e la firma dell'addetto che ha rilevato il dato.

In base ai risultati di tali letture, fermo restando il positivo esito delle verifiche sulla qualità del prodotto sopra indicate, in sede di contabilità verranno accreditate le relative quantità di miscele con le relative voci di elenco prezzi.

In ogni caso le stesse quantità dovranno essere comprovate dai documenti di trasporto delle singole partite di materiale pervenute in cantiere (cemento, malta espansiva, additivo).

In caso di eventuali incoerenze tra le quantità risultanti dai diversi controlli, verranno accreditate le quantità minori.

In nessun modo potranno essere accreditate quantità in assenza dei sopraindicati dati.

12.9 TRATTAMENTI COLONNARI

La misurazione corrisponderà all'effettiva lunghezza della colonna di terreno consolidata, in accordo con quanto stabilito nel Capitolato "Opere d'arte minori - Opere di consolidamenti, reti e Protezione"

12.10 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, in accordo con quanto stabilito nel Capitolato "Opere d'arte minori - Opere di consolidamenti, reti e Protezione"

12.11 PERFORAZIONI

La misurazione corrisponderà alla effettiva lunghezza delle perforazioni effettuate

16 APPENDICE

16.1 1 – PRESCRIZIONI PER LO SCAVO IN TERRENI GRISUTOSI

La classificazione della Galleria, ai fini del rischio di manifestazioni di grisù, attribuita in sede di progetto, deve essere verificata durante l'esecuzione dei lavori in funzione degli esiti del monitoraggio gas, dal Tecnico Specialista, coadiuvato dal Responsabile di Monitoraggio Gas.

Il Tecnico Specialista, laureato in ingegneria o in scienze geologiche, deve possedere esperienza documentata nella valutazione delle possibilità che gli ammassi liberino grisù nell'atmosfera della galleria in corso di realizzazione.

Entrambi sono preferibilmente nominati dalla Società Appaltante e non appartengono all'impresa appaltatrice dei lavori.

Al Responsabile di Monitoraggio Gas, è imputato:

- l'organizzazione e la direzione delle rilevazioni di Gas;
- la conduzione dei sistemi di monitoraggio;
- l'analisi e l'elaborazione dei dati inerenti lo stato fisico dell'aria e la composizione dell'atmosfera in galleria;
- la progettazione ed il controllo dei circuiti di ventilazione;
- la cooperazione con la direzione di cantiere per i casi in cui le emissioni di gas comportino la sospensione delle lavorazioni e/o l'evacuazione del cantiere.

16.1.1 SCAVO A FORO CIECO IN AMBIENTI GRISUTOSI

La galleria deve essere distinta in tratti. Ogni tratto deve poter essere considerato una sorgente di gas omogena in termini di: portate di flusso, pressione del gas sull'ammasso, modalità di manifestazione delle emissioni, caratteristiche meccaniche e geostrutturali. Ogni tratto viene classificato mediante l'attribuzione di una delle seguenti classi di rischio:

Classe 0

Riferita a gallerie/tratti per le quali tutti gli elementi oggettivi e documentati di valutazione portano ad escludere che la realizzazione dell'opera possa indurre flussi di grisù dagli ammassi attraversati dall'opera oppure da quelli lontani ma connessi idraulicamente alla galleria.

Classe 1a

Riferita a gallerie/tratti per le quali tutti gli elementi portano a prevedere come remota la possibilità di flussi di grisù, in base all'assenza di indizi derivanti dalle indagini preliminari (studi e ricerche, analisi della storicità, sondaggi), alle informazioni ottenute nello scavo della porzione d'opera già realizzata, alle considerazioni geologiche e strutturali.

Classe 1b

Riferita a gallerie/tratti per le quali l'analisi geologica strutturale porta a prevedere flussi di grisù, ma non ci sono elementi di riscontro desunti dalle indagini preliminari (studi e ricerche, analisi della storicità, sondaggi) effettuate in fase di progetto e dalla porzione d'opera già realizzata. In definitiva le manifestazioni gassose sono possibili ma con portate prevedibilmente modeste o con modalità che si ritiene non portino a condizioni di rischio.

Classe 1c

Riferita a gallerie/tratti per le quali le indagini bibliografiche, storiche (storicità delle manifestazioni spontanee e degli interventi industriali per la produzione di idrocarburi, dei fenomeni registrati nell'esecuzione di altre opere, ecc.) e le indagini sperimentali di superficie e profonde (sondaggi, pozzi, cunicoli, indagini geofisiche, ecc.) fanno presumere che i lavori di scavo possano indurre flussi di grisù discontinui e poco frequenti e quindi tali da far ritenere l'emissione eccezionale. Situazioni del genere sono tipiche di serbatoi di idrocarburi isolati e di dimensioni limitate in collegamento idraulico con l'opera. Tali serbatoi hanno forma e dimensioni molto varie e distribuzione spaziale casuale ed imprevedibile e possono far affluire gas in galleria con portate molto varie non escluse quelle a carattere massivo.

Classe 2

Riferita a gallerie/tratti per le quali le indagini bibliografiche, storiche (storicità delle manifestazioni spontanee e degli interventi industriali per la produzione di idrocarburi, dei fenomeni registrati nell'esecuzione di altre opere) e le indagini sperimentali di superficie e profonde (sondaggi, pozzi, cunicoli, indagini geofisiche, ecc.), fanno ritenere che, a causa della realizzazione degli scavi, siano probabili afflussi significativi di grisù in galleria in corrispondenza di strutture geologiche, tecnicamente note come potenziali trappole di idrocarburi (anticlinali, fasce di intensa fratturazione in corrispondenza delle zone di accavallamento tettonico, ecc.). Attraversando le trappole, o comunque a causa del collegamento idraulico con esse realizzato a seguito dello scavo, sono da attendersi flussi di grisù continui oppure discontinui ma con frequenza tale da non farli ritenere un evento eccezionale.

16.1.2 LAVORAZIONI DI MONITORAGGIO GAS E VENTILAZIONE IN CONDIZIONI DI SCAVO A FORO CIECO IN AMBIENTI GRISUTOSI

Le lavorazioni di Monitoraggio Gas e Ventilazione, per ciascuna classe di rischio di manifestazioni di gas, si devono eseguire secondo le seguenti modalità:

Classe 0

Assenti.

Classe 1a

Il Responsabile del Monitoraggio deve:

- scegliere la dislocazione dei sensori dell'impianto di monitoraggio automatico con registrazione continua delle concentrazioni di grisù in aria. La registrazione deve essere quantomeno locale. L'impianto deve essere associato ad un sistema ottico – acustico locale correlato alle concentrazioni limite di gas;
- eseguire il monitoraggio manuale con strumentazione portatile idonea a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù (*apparecchiature idonee a operare in gallerie grisutuose, dotate di sistema di protezione molto elevata*);
- redigere un verbale per ogni turno di lavoro, recante per ogni misura e/o per ogni prelievo d'acqua: l'ora, il luogo della misura e/o del prelievo, le modalità ed i valori di tenore in gas;
- analizzare i valori del monitoraggio automatico e manuale. Tale analisi deve essere comunicata al Tecnico Specialista che, se lo ritiene opportuno, rielabora il modello di flusso del gas e fornisce al cantiere nuove soluzioni tecniche di sicurezza;
- stabilire un programma di verifica e manutenzione dei sistemi di controllo dell'esplosività dell'atmosfera.

Organizzazione del servizio di Monitoraggio gas

Il servizio di Monitoraggio gas deve essere costituito dal Responsabile del Monitoraggio e dagli Addetti al Monitoraggio, i quali devono garantire la presenza in cantiere per ogni turno di lavoro. Gli Addetti al Monitoraggio sono preferibilmente dipendenti dal Responsabile del Monitoraggio, ma possono anche fare parte del personale dell'impresa appaltatrice, non dedicato esclusivamente al monitoraggio. In quest'ultimo caso: essi sono funzionalmente dipendenti dal Responsabile del Monitoraggio; durante le azioni connesse al monitoraggio gas, sono svincolati dalle attività di produzione; devono essere preventivamente accettati dal Responsabile del Monitoraggio, che per iscritto attesta le capacità tecniche in relazione alle mansioni da svolgere.

Controllo delle concentrazioni di grisù nell'atmosfera della galleria

- Il controllo dell'atmosfera in prossimità del fronte di avanzamento è eseguito per mezzo di un impianto di monitoraggio automatico, con registrazione continua dei tenori di gas di tipo locale, costituito da una stazione di misura con almeno 2 rilevatori. Tali rilevatori devono essere ubicati a debita distanza ortogonale dal tubo di ventilazione, in modo da essere esterni alle traiettorie dirette e indirette delle correnti di aria fresca proveniente dall'esterno.
- Il monitoraggio manuale deve essere eseguito con frequenza non inferiore a quella indicata dal Tecnico Specialista. Quest'ultimo si pronuncia elaborando i dati provenienti dall'avanzamento dello scavo (*ad esempio la frequenza dei controlli deve essere aumentata in prossimità di strutture tettoniche e, più in generale, in prossimità di discontinuità importanti, in corrispondenza di un aumento del grado di fratturazione del massiccio e di zone instabili e/o franose*).
- Il controllo deve essere integrato con prelievi di acqua per la ricerca del gas disciolto.

Ventilazione

Si deve:

- poter regolare in modo automatico il flusso d'aria in funzione delle misure di portata e prevalenza, le quali devono essere eseguite selezionando la frequenza con registrazione dei dati di misura;
- calcolare la potenza complessiva delle macchine impegnate, al fine di erogare una portata d'aria tale da consentire la realizzazione dei lavori di scavo in sicurezza per gli operatori di galleria;
- calcolare la potenza complessiva delle macchine impegnate, cosicché l'impianto sia in grado di erogare una portata suppletiva capace di fronteggiare le irruzioni di gas;
- eseguire le misure di prevalenza e di portata nella sezione iniziale del condotto di ventilazione;
- eseguire la sola misura di portata nella sezione terminale del tubo di ventilazione;
- eseguire misure manuali in sezioni di riflusso significative.

Qualora si riscontrino condizioni di ventilazione carente, per problematiche connesse al rischio grisù, o per l'arresto dei ventilatori, è obbligo del Responsabile del Monitoraggio prescrivere specifiche procedure di sicurezza suppletive idonee a ristabilire le condizioni di sicurezza.

Classe 1b

Il Responsabile del Monitoraggio deve:

- scegliere la dislocazione dei sensori dell'impianto di monitoraggio automatico con registrazione continua delle concentrazioni di grisù in aria. L'impianto deve governare i sistemi di allarme associati alle concentrazioni limite di gas definite nel paragrafo "*Stati di allarme e abbandono in gallerie grisutuose*". L'impianto di registrazione deve essere collocato in una sala di controllo posta all'esterno della galleria;
- eseguire il monitoraggio manuale integrativo con strumentazione portatile idonea a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù (*apparecchiature idonee a operare in gallerie grisutuose, dotate di sistema di protezione molto elevata*). Altresì, devono essere eseguiti prelievi di acqua per la misura del grisù disciolto;
- per ogni turno di lavoro, redigere un verbale recante, per ogni misura e/o per ogni prelievo d'acqua: l'ora, il luogo della misura e/o del prelievo, le modalità ed i valori di tenore in gas;
- analizzare i valori del monitoraggio automatico e manuale. Tale analisi deve essere comunicata al Tecnico Specialista che, se lo ritiene opportuno, rielabora il modello di flusso del gas e fornisce al cantiere nuove soluzioni tecniche di sicurezza;
- stabilire un programma di verifica e manutenzione dei sistemi di controllo dell'esplosività dell'atmosfera secondo quanto indicato nel paragrafo "*Ispezione e manutenzione dei sistemi di controllo dell'esplosività dell'atmosfera*".

Organizzazione del servizio di Monitoraggio gas

Il servizio di Monitoraggio gas deve essere costituito dal Responsabile del Monitoraggio e dagli Addetti al Monitoraggio, i quali devono garantire la presenza in cantiere per ogni turno di lavoro. Gli Addetti al Monitoraggio sono preferibilmente dipendenti dal Responsabile del Monitoraggio, ma possono anche fare parte del personale dell'impresa appaltatrice, non dedicato esclusivamente al monitoraggio. In quest'ultimo caso: essi sono funzionalmente dipendenti dal Responsabile del Monitoraggio; durante le azioni connesse al monitoraggio gas, sono svincolati dalle attività di produzione; devono essere preventivamente accettati dal Responsabile del Monitoraggio, che per iscritto attesta le capacità tecniche in relazione alle mansioni da svolgere.

Controllo delle concentrazioni di grisù nell'atmosfera della galleria

- Il controllo dell'atmosfera in prossimità del fronte di avanzamento è eseguito per mezzo di un impianto di monitoraggio automatico, con registrazione continua dei tenori di gas di tipo

locale, costituito da una stazione di misura con almeno 3 rilevatori. Due di questi devono essere posti sui paramenti destro e sinistro ed il terzo in calotta; tutti devono essere ubicati a debita distanza ortogonale dal tubo di ventilazione, ed in modo da essere esterni alle traiettorie dirette e indirette delle correnti di aria fresca proveniente dall'esterno.

- Il monitoraggio manuale deve essere eseguito con frequenza non inferiore a quella indicata dal Tecnico Specialista, il quale si pronuncia elaborando i dati provenienti dall'avanzamento dello scavo (*ad esempio la frequenza dei controlli deve essere aumentata in prossimità di strutture tettoniche e, più in generale, in prossimità di discontinuità importanti, in corrispondenza di un aumento del grado di fratturazione del massiccio e di zone instabili e/o franose*).
- Il controllo deve essere completato con prelievi di acqua per la ricerca del gas disciolto.

Ventilazione

Si deve:

- poter regolare in modo automatico il flusso d'aria in funzione delle misure di portata e prevalenza, le quali devono essere eseguite selezionando la frequenza con registrazione dei dati di misura;
- calcolare la potenza complessiva delle macchine impegnate, al fine di erogare una portata d'aria tale da consentire la realizzazione dei lavori di scavo in sicurezza per gli operatori di galleria;
- calcolare la potenza complessiva delle macchine impegnate, cosicché l'impianto sia in grado di erogare una portata suppletiva capace di fronteggiare le irruzioni di gas;
- eseguire le misure di prevalenza e di portata nella sezione iniziale del condotto di ventilazione;
- eseguire la sola misura di portata nella sezione terminale del tubo di ventilazione;
- eseguire misure manuali in sezioni di riflusso significative.

Qualora si riscontrino condizioni di ventilazione carente, per problematiche connesse al rischio grisù, o per l'arresto dei ventilatori, è obbligo del Responsabile del Monitoraggio prescrivere specifiche procedure di sicurezza suppletive idonee a ristabilire le condizioni di sicurezza.

Classe 1c

Il Responsabile del Monitoraggio deve:

- scegliere la dislocazione dei sensori dell'impianto di monitoraggio automatico con registrazione continua delle concentrazioni di metano in aria. L'impianto deve governare i sistemi di allarme associati alle concentrazioni limite di gas definite nel paragrafo "*Stati di allarme e abbandono in gallerie grisutuose*". L'impianto di registrazione deve essere collocato in una sala di controllo posta all'esterno della galleria;
- integrare il monitoraggio automatico con misure e controlli sistematici eseguiti con strumentazione portatile idonea a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù (*apparecchiature idonee a operare in gallerie grisutuose, dotate di sistema di protezione molto elevata*) e con prelievi di acqua per la misura del grisù disciolto;
- redigere, per ogni turno di lavoro, un verbale recante, per ogni misura o per ogni prelievo di acqua: l'ora, il luogo della misura e/o del prelievo, le modalità ed i valori di tenore in gas;
- eseguire misure di tenore di gas a boccaforo ed all'interno dei sondaggi esplorativi realizzati sul fronte di scavo per la preventiva ricerca del gas;
- analizzare i valori del monitoraggio automatico e manuale. Tale analisi deve essere comunicata al Tecnico Specialista che, se lo ritiene opportuno, rielabora il modello di flusso del gas e fornisce al cantiere nuove soluzioni tecniche di sicurezza;
- stabilire un programma di verifica e manutenzione dei sistemi di controllo dell'esplosività dell'atmosfera secondo quanto indicato nel paragrafo "*Ispezione e manutenzione dei sistemi di controllo dell'esplosività dell'atmosfera*".

Organizzazione del servizio di Monitoraggio gas

Il servizio di Monitoraggio gas deve essere costituito dal Responsabile del Monitoraggio e dagli Addetti al Monitoraggio, i quali devono garantire la presenza in cantiere per ogni turno di lavoro. Gli Addetti al Monitoraggio sono preferibilmente dipendenti dal Responsabile del Monitoraggio, ma possono anche fare parte del personale dell'impresa appaltatrice, non dedicato esclusivamente al monitoraggio. In quest'ultimo caso: essi sono funzionalmente dipendenti dal Responsabile del Monitoraggio; durante le azioni connesse al monitoraggio gas, sono svincolati dalle attività di produzione; devono essere preventivamente accettati dal Responsabile del Monitoraggio, che per iscritto attesta le capacità tecniche in relazione alle mansioni da svolgere.

Controllo delle concentrazioni di grisù nell'atmosfera della galleria

- Il controllo dell'atmosfera in galleria è eseguito per mezzo di un impianto di monitoraggio automatico, con registrazione continua dei tenori di gas di tipo locale, costituito da una stazione di misura con almeno 5 rilevatori. Tre di questi costituiscono la stazione di misura prossima al fronte, per la cui ubicazione si veda il caso della classe 1b, mentre i restanti due

devono essere installati in calotta, ad una distanza di 200 m tra loro e dalla stazione di misura prossima al fronte;

- Il monitoraggio manuale, sia in ambiente sia all'interno di fori di prospezione in avanzamento, deve essere eseguito con frequenza non inferiore a quella indicata dal Tecnico Specialista, il quale si pronuncia elaborando i dati provenienti dall'avanzamento dello scavo (*ad esempio la frequenza dei controlli deve essere aumentata in prossimità di strutture tettoniche e, più in generale, in prossimità di discontinuità importanti, in corrispondenza di un aumento del grado di fratturazione del massiccio e di zone instabili e/o franose*). Altresì, il Tecnico specialista determina le caratteristiche dei fori (numero, lunghezza, orientazione spaziale, lunghezza della sovrapposizione tra 2 campi successivi di perforazione) sulla base delle sue valutazioni, debitamente documentate, dei rischi che l'ammasso presenta;
- nel caso i terreni siano tali da richiedere interventi di consolidamento del fronte mediante infilaggi o altre perforazioni, successivamente alla fase di prospezione, è d'obbligo il controllo manuale dell'atmosfera in prossimità dei boccaforo durante tutta la successiva fase di perforazione.
- Il controllo deve essere completato con prelievi di acqua per la ricerca del gas disciolto.

Ventilazione

Si deve:

- poter regolare in modo automatico il flusso d'aria in funzione delle misure di portata e prevalenza, le quali devono essere eseguite selezionando la frequenza con registrazione dei dati di misura;
- calcolare la potenza complessiva delle macchine impegnate, al fine di erogare una portata d'aria tale da consentire la realizzazione dei lavori di scavo in sicurezza per gli operatori di galleria;
- calcolare la potenza complessiva delle macchine impegnate, cosicché l'impianto sia in grado di erogare una portata suppletiva capace di fronteggiare le irruzioni di gas;
- eseguire le misure di prevalenza e di portata nella sezione iniziale del condotto di ventilazione;
- eseguire la sola misura di portata nella sezione terminale del tubo di ventilazione;
- eseguire misure manuali in sezioni di riflusso significative.

Qualora si riscontrino condizioni di ventilazione insufficiente per fronteggiare il rischio grisù, o per l'arresto dei ventilatori, è obbligo del Responsabile del Monitoraggio prescrivere specifiche procedure suppletive, idonee a ristabilire le condizioni di sicurezza.

Classe 2

Il Responsabile del Monitoraggio deve:

- scegliere la dislocazione dei sensori dell'impianto di monitoraggio automatico con registrazione continua delle concentrazioni di metano in aria. L'impianto deve governare i sistemi di allarme associati alle concentrazioni limite di gas definite nel paragrafo "*Stati di allarme e abbandono in gallerie grisutuose*". L'impianto di registrazione deve essere collocato in una sala di controllo posta all'esterno della galleria;
- integrare il monitoraggio automatico con misure e controlli sistematici eseguiti con strumentazione portatile idonea a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù (*apparecchiature idonee a operare in gallerie grisutuose, dotate di sistema di protezione molto elevata*) e con prelievi di acqua per la misura del grisù disciolto;
- redigere, per ogni turno di lavoro, un verbale recante, per ogni misura o per ogni prelievo di acqua: l'ora, il luogo della misura e/o del prelievo, le modalità ed i valori di tenore in gas;
- eseguire misure di tenore di gas a boccaforo ed all'interno dei sondaggi esplorativi realizzati sul fronte di scavo per la preventiva ricerca del gas;
- analizzare i valori del monitoraggio automatico e manuale. Tale analisi deve essere comunicata al Tecnico Specialista che, se lo ritiene opportuno, rielabora il modello di flusso del gas e fornisce al cantiere nuove soluzioni tecniche di sicurezza;
- stabilire un programma di verifica e manutenzione dei sistemi di controllo dell'esplosività dell'atmosfera secondo quanto indicato nel paragrafo "*Ispezione e manutenzione dei sistemi di controllo dell'esplosività dell'atmosfera*".

Organizzazione del servizio di Monitoraggio gas

Il servizio di Monitoraggio gas deve essere costituito da un Responsabile del Monitoraggio e da Addetti al Monitoraggio. Stante le concentrazioni di gas, il gruppo di Addetti deve essere costituito da personale non appartenente all'impresa appaltatrice e funzionalmente dipendente dal Responsabile del Monitoraggio. Il numero di addetti deve essere sufficiente alla copertura di tutti i turni di lavoro.

Controllo delle concentrazioni di grisù nell'atmosfera della galleria

- il controllo dell'atmosfera in galleria è eseguito per mezzo di un impianto di monitoraggio automatico, con registrazione continua dei tenori di gas di tipo locale, costituito da una stazione di misura con almeno 6 rilevatori. Tre di questi costituiscono la stazione di misura prossima al fronte, per la cui ubicazione si veda il caso della classe 1b, mentre i restanti due devono essere installati in calotta, ad una distanza di 200 m tra loro e dalla stazione di misura prossima al fronte; il sesto da ubicare a giudizio del Responsabile del Monitoraggio Gas;
- il Responsabile del Monitoraggio Gas a seguito di uno studio specifico, i cui risultati devono essere formalizzati con relazione tecnica, prescrive l'installazione (dettagliando l'ubicazione) di ulteriori rilevatori tra il fronte e l'imbocco per rilevare il movimento del "tappo" di gas;
- ulteriori sensori sono d'obbligo all'imbocco della galleria e negli incroci con gli innesti;
- il monitoraggio manuale integrativo di quello automatico, eseguito in continuo, indaga zone non coperte dai sensori fissi e zone di possibile accumulo;

Ventilazione

Si deve:

- poter regolare in modo automatico il flusso d'aria in funzione delle misure di portata e prevalenza, le quali devono essere eseguite selezionando la frequenza con registrazione dei dati di misura;
- calcolare la potenza complessiva delle macchine impegnate, al fine di erogare una portata d'aria tale da consentire la realizzazione dei lavori di scavo in sicurezza per gli operatori coinvolti;
- calcolare la potenza complessiva delle macchine impegnate, cosicché l'impianto sia in grado di erogare una portata suppletiva capace di fronteggiare le irruzioni di gas;
- eseguire le misure di prevalenza e di portata nella sezione iniziale del condotto di ventilazione;
- eseguire la sola misura di portata nella sezione terminale del tubo di ventilazione;
- eseguire misure manuali in sezioni di riflusso significative.

Qualora si riscontrino condizioni di ventilazione insufficiente per fronteggiare il rischio grisù, o per l'arresto dei ventilatori, è obbligo del Responsabile del Monitoraggio prescrivere specifiche procedure suppletive, idonee a ristabilire le condizioni di sicurezza.

16.1.3 SCAVO MECCANIZZATO IN AMBIENTI GRISUTUOSI

Sistema di rimozione del materiale di scavo

Il sistema di allontanamento, del materiale di scavo dalla camera di lavoro, dovrà essere avvolto, incluse le estremità, all'interno di un idoneo tubo, al fine di contenere eventuali fuoriuscite di gas eventualmente presente nel materiale di scavo. Il tubo deve essere strumentato con sensori di misura del gas e munito di un sistema di ventilazione dimensionato (e monitorato) in modo tale da mantenere la concentrazione del gas entro i limiti di sicurezza prefissati.

Sistema di tenuta (tra scudo e conci)

La progettazione della guarnizione interposta tra i conci dovrà considerare la possibile presenza di gas nelle formazioni attraversate dalla galleria. In particolare, dovranno essere considerati con attenzione i seguenti aspetti:

- garanzia di completa chiusura dell'interfaccia concio/coda;
- facile manutenzione anche in considerazione della specifica criticità legata al gas;
- monitoraggio continuo e lungo tutta la circonferenza per l'individuazione di eventuali infiltrazioni di gas.

Sistema per le iniezioni di riempimento

La progettazione dell'impianto di iniezione per il riempimento del volume tra i conci e il profilo di scavo, incluse le relative Procedure di Manutenzione, dovrà includere misure di sicurezza contro la possibile presenza di gas nei siti attraversati dalla galleria.

Sistema di prospezione geognostica e consolidamento in avanzamento

La progettazione dell'attrezzatura di perforazione in avanzamento della TBM, per consentire sia prospezioni geognostiche sia consolidamenti, nonché le relative Procedure di Esecuzione dei Fori, dovranno tenere in conto anche la possibile presenza di gas nei contesti geologici attraversati dal tracciato in galleria.

Sistema di prospezione geognostica per individuazione sacche di Gas

La TBM dovrà essere dotata di attrezzature di perforazione che consentano, in qualsiasi posizione del tracciato, la realizzazione di fori per prospezioni in avanzamento per l'individuazione di eventuali sacche di gas in pressione nell'ammasso roccioso. Pertanto, il mantello nella semicirconferenza superiore in prossimità della testa, dovrà prevedere un numero opportuno di fori di uscita (non meno di 18 posizioni) ed eventualmente anche sulla testa stessa (almeno 6 posizioni). Tali fori dovranno

essere attrezzati per permettere perforazioni di almeno 30 - 35 m di lunghezza senza provocare infiltrazioni nella macchina stessa (uso del preventer). Durante tali operazioni saranno predisposti speciali circuiti di ventilazione, per la diluizione delle eventuali infiltrazioni.

L'Impresa appaltatrice redigerà uno specifico progetto per la realizzazione di questa attività di prospezione in avanzamento e le relative Procedure Operative di Esecuzione.

La TBM sarà dotata permanentemente di un'attrezzatura di perforazione in avanzamento montata su apposita struttura rotante per permettere la perforazione attraverso le aperture previste nello scudo. La progettazione di questa attrezzatura e le relative Procedure di Esecuzione dei Fori dovranno tenere in conto anche lo specifico problema della potenziale presenza di gas nelle formazioni attraversate dalla galleria.

Ulteriore predisposizione per l'individuazione di sacche di Gas e/o disomogeneità dell'ammasso potrà essere costituita dal sistema tipo BEAM o equivalente.

Sistema di guida e di registrazione dei dati

Nel sistema di acquisizione e registrazione dei dati, necessario per il controllo dell'attività di scavo devono essere inclusi i parametri lettura dei misuratori di presenza gas. La frequenza di acquisizione dovrà essere non inferiore ad una lettura ogni 10 secondi.

Il sistema di acquisizione dati dovrà rendere disponibile, in tempo reale, il pacchetto completo dei dati acquisiti alla D.L e all'A.S. per le necessarie azioni di sorveglianza. La D.L. installerà un proprio sistema di gestione dei dati TBM (hardware e software) che riceverà il pacchetto dai dati TBM direttamente dal sistema di acquisizione dati.

Sistemi di sicurezza

L'apparecchiatura per lo scavo sarà dotata di tutti i sistemi di protezione e sicurezza previsti dalle Normative vigenti. La TBM e le relative attrezzature dovranno essere marcate secondo la Normativa Europea in materia di sicurezza delle macchine e impianti. Con particolare riferimento alla potenziale presenza di gas nei contesti geologici attraversati dai tracciati di progetto in galleria, la TBM dovrà essere realizzata e condotta, garantendo al minimo i seguenti requisiti, pena la mancata autorizzazione all'esecuzione dello scavo:

- isolamento del nastro a bordo macchina;
- controllo riempimento camera di scavo;
- dimensionamento della ventilazione (a doppio sistema);
- monitoraggio continuo del gas;
- definizione dei livelli di allerta, allarme e emergenza e relative procedure;

- definizione delle zone lungo la TBM e relativa classificazione.

La TBM dovrà essere equipaggiata con un'Arca di Salvataggio dimensionata per la permanenza di almeno 20 persone per un tempo non inferiore alle 4 ore.

Procedure di Scavo

Tra le Procedure Operative di Scavo concernenti le diverse fasi di produzione, le fasi di manutenzione ordinaria e straordinaria, le attività di prospezione in avanzamento e i diversi scenari di emergenza da considerare in relazione alle criticità del progetto, è obbligo di includere anche le attività necessarie a garantire l'isolamento dal gas.

Requisiti della Galleria Finita

Tra i requisiti della galleria finita è da considerare imprescindibile l'impermeabilità per l'isolamento da potenziali venute di gas presente nei siti attraversati dalla galleria.

2 Stati di allarme e abbandono in gallerie grisutuose

Gallerie in Classe 1b - Gallerie in Classe 1c

Il sistema di allarme che segnala la presenza di gas, è acustico e luminoso ed è direttamente collegato ai rilevatori, che, in posizione fissa, controllano con continuità il tenore di gas nell'atmosfera della galleria. Il sistema deve poter entrare in funzione:

- automaticamente, quando uno qualsiasi dei rilevatori suddetti misura i valori limite delle concentrazioni di gas in atmosfera sotto indicati;
- manualmente, quando tali concentrazioni vengono rilevate con strumentazione portatile.

Il sistema di allarme deve essere articolato su due livelli di concentrazione in volume di gas:

- 0,15 % concentrazione di preallarme;
- 0,35 % concentrazione di abbandono della galleria.

Il raggiungimento di questi limiti deve dare inizio alle rispettive procedure di sicurezza:

1. Se i tenori di gas in atmosfera raggiungono la concentrazione di preallarme (0,15 % in volume) si devono mettere in atto le seguenti azioni:

- verificare immediatamente l'affidabilità della misura;
- avvertire il Responsabile del Monitoraggio;
- verificare le dimensioni del fenomeno;
- dare attuazione alle specifiche procedure stabilite dal Responsabile del Monitoraggio.

2. Per le concentrazioni maggiori o uguali al valore 0,35 % si deve dare corso alle procedure per l'abbandono del sotterraneo.

E' obbligo del Responsabile del Monitoraggio definire le procedure da adottare al raggiungimento della concentrazione di abbandono. Tali procedure devono garantire la sicurezza del personale e l'inibizione di ogni potenziale sorgente di innesco.

Inoltre, l'attivazione del sistema di allarme deve essere portata a conoscenza di tutto il personale che si trova all'interno della galleria e deve essere segnalata all'esterno secondo le seguenti modalità:

- un semaforo ubicato all'imbocco della galleria sia illuminato con colori diversi, ognuno corrispondente ai tre limiti inferiori di concentrazione del gas misurati in galleria e pari a: 0 %, 0,15 % e 0,35 %;
- la corrispondenza tra il colore del semaforo e la relativa concentrazione del gas, sia chiaramente espressa con una tabella disposta in prossimità del semaforo;
- un allarme acustico annunci la condizione di abbandono della galleria (in occasione del raggiungimento della soglia dello 0,35 %);

i suddetti segnali acustico e ottico, limitatamente ai valori soglia dello 0 % e dello 0,35%, devono essere propagatati lungo lo sviluppo della galleria, tramite dei ripetitori ubicati, in posizione fissa, ad intervalli di 500 m.

Gallerie in Classe 2

Il sistema di allarme che segnala la presenza di gas, è acustico e luminoso ed è direttamente collegato ai rilevatori, che, in posizione fissa, controllano con continuità il tenore di gas nell'atmosfera della galleria. Il sistema deve poter entrare in funzione:

- automaticamente, quando uno qualsiasi dei rilevatori suddetti misura i valori limite delle concentrazioni di gas in atmosfera sotto indicati;

- manualmente, quando tali concentrazioni vengono rilevate con strumentazione portatile.

Il sistema di allarme deve essere articolato su tre livelli di concentrazione in volume di gas:

- 0,3 % concentrazione di attenzione;
- 0,7 % concentrazione di preallarme;
- 1,0 % concentrazione di abbandono della galleria.

Il raggiungimento di questi limiti deve dare inizio alle rispettive procedure di sicurezza.

Se i tenori di gas in atmosfera raggiungono la concentrazione di preallarme (0,7 % in volume) si devono mettere in atto le seguenti azioni:

- verificare immediatamente l'affidabilità della misura;
- avvertire il Responsabile del Monitoraggio;
- verificare le dimensioni del fenomeno;
- dare attuazione alle specifiche procedure stabilite dal Responsabile del Monitoraggio.

Se il tenore di gas raggiunge la concentrazione di abbandono della galleria (1,0 %) deve essere allontanato tutto il personale dal sotterraneo.

Le procedure da adottare al raggiungimento della concentrazione di abbandono devono essere definite dal Responsabile del Monitoraggio. Tali procedure devono garantire la sicurezza del personale e l'inibizione di ogni potenziale sorgente di innesco.

Inoltre, l'attivazione del sistema di allarme deve essere portata a conoscenza di tutto il personale che si trova all'interno della galleria e deve essere segnalata all'esterno secondo le seguenti modalità:

- un semaforo ubicato all'imbocco della galleria sia illuminato con colori diversi, ognuno corrispondente ai quattro limiti inferiori di concentrazione del gas misurati in galleria e pari a: 0 %, 0,3 %, 0,7% e 1,0 %;
- la corrispondenza tra il colore del semaforo e la relativa concentrazione del gas, sia chiaramente espressa con una tabella disposta in prossimità del semaforo;

- un allarme acustico annunci la condizione di abbandono della galleria (in occasione del raggiungimento della soglia dello 1,0 %);

i suddetti segnali acustico e ottico, limitatamente ai valori soglia dello 0%, dello 0,7% e dell'1,0%, devono essere propagatati lungo lo sviluppo della galleria, tramite dei ripetitori ubicati, in posizione fissa, ad intervalli di 500 m.

16.2 ISPEZIONE E MANUTENZIONE DEI SISTEMI DI CONTROLLO DELL'ESPLOSIVITÀ DELL'ATMOSFERA

I sistemi di rilevazione di concentrazione del metano e di allarme devono essere sottoposti ad interventi di manutenzione per garantire nel tempo l'efficienza con periodicità dipendente dal tipo di intervento come di seguito specificato:

- ispezione (ovvero esame visivo ed eventuale esecuzione di prove): interventi quotidiani eseguiti dall'Addetto al Monitoraggio o da personale adeguatamente addestrato;
- controllo e manutenzione preventiva (ovvero periodico accertamento della completa e corretta funzionalità del sistema ed esecuzione dei necessari interventi): interventi settimanali a cura dell'Addetto al Monitoraggio. Tali interventi sono eseguiti sulla base delle istruzioni del costruttore, dei fattori che possono determinare il deterioramento del sistema (*umidità, polvere, vibrazioni, urti, ecc.*) e dei risultati dei controlli precedenti. Ogni intervento deve essere registrato su apposito foglio di lavoro a cura dell'Addetto al Monitoraggio e vistato dal Responsabile del Monitoraggio. Il foglio di lavoro deve contenere tutti gli estremi utili per individuare la data, il componente del sistema di controllo interessato dall'intervento e il tipo di intervento eseguito;
- manutenzione per guasto (ovvero insieme di operazioni messe in atto a seguito del rilevamento di un guasto ed eseguite al fine di ripristinare la corretta funzionalità del sistema): interventi eseguiti quando necessario da personale tecnicamente specializzato con la supervisione dell'Addetto al Monitoraggio. Ogni intervento deve essere registrato su apposito foglio di lavoro a cura dell'Addetto al Monitoraggio e vistato dal Responsabile del Monitoraggio. Il foglio di lavoro deve contenere tutti gli estremi utili per individuare la data, il componente del sistema di controllo interessato dall'intervento, il guasto rilevato e gli esiti dell'intervento.

In caso di necessità le azioni devono essere integrate da interventi della Società che ha fornito il sistema e ne ha curato l'installazione; anche in tal caso deve essere predisposta idonea documentazione che garantisca la tracciabilità degli interventi.

Taratura dei sensori

I sensori del sistema di rilevazione di concentrazione del metano devono essere sottoposti ad operazioni di taratura (calibrazione dei sensori) per garantire nel tempo l'efficienza. La periodicità di tali operazioni è trimestrale, salvo periodicità più frequenti stabilita dal costruttore o resasi necessaria in funzione dei risultati degli interventi precedenti. L'operazione di taratura deve essere curata dal Responsabile del Monitoraggio e deve essere registrata su apposito foglio di lavoro per garantirne la tracciabilità. In caso di necessità, la taratura deve essere integrata da interventi della Società che ha fornito il sistema e ne ha curato l'installazione; anche in tal caso deve essere predisposta idonea documentazione che garantisca la tracciabilità degli interventi.

Verifica della corrispondenza tra le concentrazioni rilevate e le azioni del sistema. Prove periodiche di messa fuori tensione dell'impianto elettrico

Il sistema di controllo dell'esplosività è sottoposto a verifica di efficienza controllando tutti i componenti, fra cui: sensori di rilevamento gas, linee di trasmissione dati, computer di acquisizione ed elaborazione dati, gruppo di segnalazione allarmi, circuito di comando dello sgancio dell'impianto elettrico.

Le prove di sgancio automatiche e manuali devono riguardare:

- gli impianti elettrici ordinari nei casi delle gallerie di classe 1a, 1b, 1c in cui è previsto lo sgancio degli impianti elettrici non idonei ad operare in presenza di grisù al superamento della concentrazione di abbandono della galleria;
- apparecchi per atmosfere potenzialmente esplosive che utilizzano il modo di protezione a sovrappressione interna;
- locali pressurizzati;
- gli impianti elettrici idonei a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù.

La periodicità delle prove deve essere la seguente:

- prove di sgancio periodiche, prove con periodicità trimestrale a cura del Responsabile degli impianti elettrici del cantiere in collaborazione con il Responsabile del Monitoraggio. La prova di sgancio deve essere registrata su apposito foglio di lavoro, firmato dal Responsabile degli impianti elettrici e vistato dal Responsabile del Monitoraggio. Il foglio deve contenere gli estremi utili per individuare la data, l'elemento del sistema di sgancio verificato e il tipo di prova eseguita.

In caso di esito negativo, la prova deve essere eseguita nuovamente subito dopo il ripristino della funzionalità del sistema, annotando l'evento sul foglio di lavoro.

Prove straordinarie di messa fuori tensione degli impianti elettrici

In occasione di modifiche significative degli impianti elettrici quali gli interventi sulla dorsale MT, le modifiche rilevanti della rete di distribuzione e le modifiche degli impianti di sicurezza (*sistema di rilevazione gas, sistema di comunicazione e allarme, ecc.*) deve essere eseguita una prova integrativa di verifica dello sgancio dell'impianto elettrico. La periodicità delle prove deve essere la seguente:

- prove di sgancio straordinarie, prove in occasione di modifiche significative apportate agli impianti elettrici eseguite a cura del Responsabile degli impianti elettrici del cantiere in collaborazione con il Responsabile del Monitoraggio. La prova deve essere registrata su apposito foglio di lavoro, firmato dal Responsabile degli impianti elettrici e vistato dal Responsabile del Monitoraggio. Il foglio deve contenere tutti gli estremi utili per individuare la data, l'elemento del sistema di sgancio verificato e il tipo di prova eseguita.

In caso di esito negativo, la prova deve essere eseguita nuovamente subito dopo il ripristino della funzionalità del sistema, annotando quanto accaduto sul foglio di lavoro.

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

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 18

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 26
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 27
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 28
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 OPERE DI PROTEZIONE DEL CORPO STRADALE DALLA CADUTA MASSI 32
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 33
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 36
2.2 GABBIONATE 37
2.3 MURI DI SOSTEGNO 38
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 OPERE DI DIFESA SPONDALE 40
2.4.1 Opere in pietrame: controlli dei massi e loro posizionamento 40
2.4.1.1 Prismi in conglomerato cementizio 41
2.5 MANUFATTI PER LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE DAL CORPO STRADALE 42
2.5.1 Tubazioni 42
2.5.2 Cunette 43
2.6 MANUFATTI IN LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA 43
2.7 LABORATORI ACCREDITATI 45
3 MODALITÀ DI ESECUZIONE 45
3.1 DISGAGGIO 45
3.2 DEMOLIZIONI DI VOLUMI ROCCIOSI IN EQUILIBRIO PRECARIO 46
3.2.1 Demolizioni con l'impiego di attrezzature idrauliche 46
3.2.2 Demolizioni con l'impiego di agenti chimici non esplodenti 46
3.2.3 Demolizioni con l'impiego di esplosivi 47
3.3 PERFORAZIONE 48
3.4 SISTEMI DI RIVESTIMENTO DELLE SCARPATE 49
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 52
3.5 BARRIERE DI CONTENIMENTO MASSI 54
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 55
3.6 GABBIONATE 55
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. 56
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 57
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 60
3.9.2 Tubazioni in gres ceramico 60
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 63
3.12.1 Rivestimenti con elementi prefabbricati in conglomerato cementizio vibrato 63
3.12.2 Rivestimenti in muratura di pietrame 63
3.13 CORDONATURE 63
4 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE 64

4.1.1 Criteri di misura 65
5 NON CONFORMITÀ E SANZIONI 67
6 COLLAUDO 68
7 APPENDICE 69
7.1 NORMATIVE E RIFERIMENTI 70

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 considera 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 esplodenti
- 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 ≥ 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 ≥ 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 cm^2.

(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 ≥ 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 ≥ 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 ≤ kN/m < 100
- E.3.031 Rete con resistenza a trazione longitudinale 100 ≤ kN/m < 150
- E.3.032 Rete con resistenza a trazione longitudinale kN/m ≥ 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 ≥ MEL kJ
- Categoria non inferiore a CAT A di cui al punto 2.4.3.2. della ETAG 027 (altezza residua >= 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 compreso tra 250 e 8000 kJ

Assorbimento energetico MEL kJ ETAG 027	≥250	≥500	≥1000	≥1500	≥2000	≥3000	≥4500	≥8000
Altezza H (m)	≥2,5	≥3,0	≥3,5	≥4	≥4,0	≥5,0	≥6,0	>7
Classe energetica	1	2	3	4	5	6	8	nd
Categoria h residua	≥ A	≥ A	≥ A	≥ A	≥ A	≥ A	≥ 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/mmq e a rottura di 550 N/mmq 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 mim. di cm15x15 cm sp.1,0 cm o golfaro;
- barre di acciaio tipo Diwidag pretensionate a 5 tonn. min, di diametro compreso tra Ø=24 mm e Ø=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 accettato 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 diversificata, in modo da minimizzare la presenza di vuoti, e superiore alla dimensione della maglia (≥ 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 ≥ 2,00 m e diametro ≥ ϕ 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 ≥ 1,9 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 ≥ 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 intervallati 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 ≥ 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 polivinilalcool ecc) resistenti o protetti 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 ≥ 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 casseratura 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 poletilene o polipropilene;
- in geogriglie monorientate o fortemente orientate strutturali in materiale sintetico - poliestere, polietilene, polipropilene, aramide, polivinilalcool - 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 ≥ 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 ≥ 25 kN/m, peso specifico p ≥ 26 kN/m ed grado di compattezza C=P/p ≥ 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 parallelepipeda, 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 $2\ m < L < 3\ m$, 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 ≥ 20 KN/m3.

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 evitarne l'approfondimento in quanto costituenti un livello inerodibile 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 vibrocompresso

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 ≥ 28/35 secondo UNI EN 206-1
- innesto a mezzo bicchiere esterno (L ≥ 2 mt) con o senza piano d'appoggio prodotti in conformità alla norma UNI EN 1916:2004 (marcatura CE). Classe ≥ 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 interrate 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 elastomeriche 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 vibrocompressi 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 ≥ 0,20% e ≤ 0,40 % spessore ≥ 1,5 mm con tolleranza UNI, carico unitario di rottura ≥ 34 Kg/mm^2 e sarà protetto su entrambe le facce da zincatura a bagno caldo, in quantità ≥ 305 g/m^2 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 Rck ≥ 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 ≥ 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 pialla; 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 Rck ≥ 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 ≥ 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 protetto 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 rivesti-Mento Locale g/m²	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	≥ 45 µm	≥ 55 µm

Ovvero, la lamiera potrà essere del tipo Fe P02 G Z275 secondo la norma UNI EN 10346, prezincata 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: ✓ planimetria e sezioni della zona oggetto del lavoro, con l'indicazione delle masse da disgaggi are; ✓ breve relazione sulle modalità di rimozione; ✓ documentazione fotografica; ✓ data o periodo di esecuzione delle attività.
A FINE LAVORI	ACCERTARE CHE: ✓ 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	✓ Relazione redatta dall'Impresa che riporti l'esito delle verifiche (controfirmata dalla Direzione Lavori)
NOTA	*Se il Direttore Lavori riscontra che un qualsiasi materiale non sia adatto all'impiego DEVE chiederne la sostituzione.*

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	RICOGNIZIONE A VISTA:

	✓ controllo che nei punti di torsione della rete lo zinco non presenti sollevamenti o screpolature VERIFICA DOCUMENTAZIONE: ✓ 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	PROVE SU CAMPIONI DI FILO: ✓ (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	*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.*

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	*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.*

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 (montanti 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. ✓ 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	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.
ULTERIORI VERIFICHE	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
NOTA	*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;*

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: ✓ 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	*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;*

2.2 Gabbionate

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	VERIFICA DOCUMENTAZIONE: ✓ 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 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 ✓ 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: 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	In corso d'opera, saranno eseguiti controlli giornalieri sull'applicazione della procedura operative per la posa in opera dei materiali: – 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	*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;*

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.

Pe 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 pietrame 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 pietrame: 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 ✓ 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	In corso d'opera, potranno essere eseguiti controlli giornalieri sull'applicazione della procedura operative per la posa in opera dei materiali: ✓ 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	Accertamento delle caratteristiche dei massi: ✓ 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 bascula tarata, della portata non inferiore a 20 tonnellate, per la pesatura dei massi che verranno approvvigionali con mezzi terrestri; tale bascula 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	✓ 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	✓ 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: • Nome del fabbricante o il suo codice di riferimento • Diametro nominale • Classe di riferimento • Data di produzione • Norma di riferimento • 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	Prima di procedere alla posa in opera, si dovrà procedere ad una Ispezione Visiva: ✓ i tubi dovranno essere controllati uno ad uno per scoprire eventuali difetti. ✓ Le code, i bicchieri, le guarnizioni devono essere integre. 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
NOTA	*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;*

2.5.2 Cunette

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	VERIFICA DOCUMENTAZIONE: ✓ 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	PROVE SU CAMPIONE: ✓ (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	*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;*

2.6 Manufatti in lamiera d'acciaio ondulata

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	✓ 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:

	• 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: ✓ 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; ✓ 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 ±5% (± 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 (lamiere 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 disgaggio, 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 disgaggio, 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 disgaggio.

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 esplodenti

La demolizione e l'abbattimento di porzioni di roccia in equilibrio precario viene eseguito mediante l'impiego di agenti chimici non esplodenti.
Il volume roccioso da demolire verrà predisposto all'accoglimento di tali agenti non esplodenti, realizzando, con perforatrice a rotopercussione, 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 comminuzione 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 trance 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 ≥ 3,00 mm e carico di rottura ≥ 1770 N/mm^2.
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 "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.

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 ∅ = 32.0 mm ed iniettati con boiacca di cemento additivata con prodotti antiritiro;
- il collegamento delle funi del reticolo agli ancoraggi si realizza con un asola e morsetti (tipo DIN741 ∅12mm, 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 ∅ = 45.0 mm, iniettati con boiacca 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 disgaggio.

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/m^2, 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/m^2, 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 boiacca 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 casseratura 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 l: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 rinfiancate; il conglomerato per la platea ed i rinfianchi sarà del tipo di fondazione avente Rck ≥ 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 rinfianco 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 Rck ≥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 interramento 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'idonea 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 Rck ≥ 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 gli 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/mm^2 (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 ø ≥ 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 ø ≥ 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 ø ≥ 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 prigioniere 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

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 5
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 8
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 32
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. Indipendentemente 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:

- presollecitati: tiranti ai quali viene indotta una forza di tesatura Ni superiore a quella di esercizio Nes (Ni > Nes);
- parzialmente presollecitati: tiranti ai quali viene indotta una tesatura inferiore o uguale a quella di esercizio (Ni <= Nes);
- non presollecitati: tiranti ai quali non viene indotta alcuna tesatura (Ni = 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 taglianti.

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 taglianti.

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 anticorrosiva, 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 lamiere, 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 riperforando 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 $\leq$ 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.

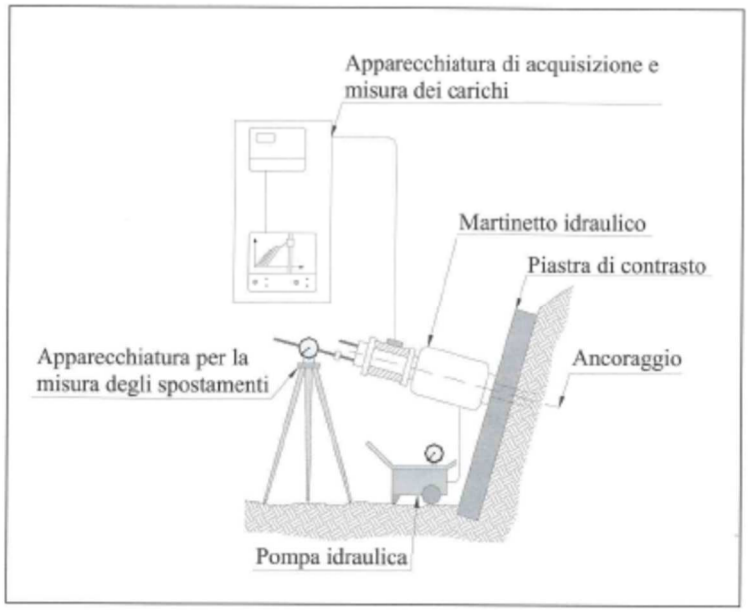
Il numero minimo di ancoraggi da sottoporre a prova (nel rispetto delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008) è indicato nella seguente Tabella 3.1, che riporta anche l'articolazione delle prove fra le diverse modalità.

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 rotopercussione, 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 ±5°, 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^ 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 solidarizzazione 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 delta 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 □L o del rapporto di creep □ 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. <u>sul comportamento dell'ancoraggio nel tempo</u>

a1) se la prova è condotta a carico costante (P_c):

il valore degli allungamenti ΔL_{Pc} 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)	≤ 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:

$$0{,}9\ L_t \le L_{app} \le L_t + 0{,}5\ L_f$$

in cui L_{app} e 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)

- $L_{app} = \Delta L_0 \cdot As \cdot Es / (Pc - Pa - \Delta f)$ (prova a carico costante)

Dove ΔP_f rappresenta la correzione del carico per tenere conto dell'attrito nel tratto libero

- $L_{app} = \Delta L_0 \cdot As \cdot Es / (Pc - \Delta P - Pa)$ (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 boiacca 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 seguente 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/mm^2 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 delle 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 Nc. 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 Nc 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.

Spessore (UNI EN ISO 9863-1:2005)	2,5 mm
Peso (UNI EN ISO 9864:2005)	300 g/m^2
Resistenza a trazione (UNI EN 12311/1-2:2002)	350 N/5 cm
Allungamento (UNI EN 12311/1-2:2002)	70%
Trazione trasversale (UNI EN 12311/1-2:2002)	500 N/5 cm
Allungamento trasversale (UNI EN 12311/1-2:2002)	30%
Permeabilità (UNI EN ISO 12058:2002)	$5 \cdot 10^{-3}$ 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 grecato, saranno utilizzate sonde a rotazione e/o rotopercussione 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 x 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 m^3 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 rotopercussione 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) Dm	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 Coesivi molto compatti	0,4÷0,6 0,3÷0,5	≥1,5÷2,0
A due fluidi	Incoerenti sciolti Incoerenti da mediamente addensati ad addensati	1,0÷1,5 0,6÷0,9	≥5÷6,0
	Coesivi soffici o mediamente compatti Coesivi molto compatti	0,7÷1,0 0,5÷0,8	≥1,5÷2,0
A tre fluidi	Incoerenti sciolti Incoerenti da mediamente addensati ad addensati	1,6÷2,0 1,0÷1,5	≥5÷6,0
	Coesivi soffici o mediamente compatti Coesivi molto compatti	1,2÷1,6 0,6÷1,00	≥1,5÷2,0

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/m^3
- sistema a due fluidi 400 ÷ 450 kg/m^3
- sistema a tre fluidi 600 ÷ 700 kg/m^3

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: ± 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 compenetrate, 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;
- ricompressione, 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 colloidi 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: ± 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, aventi rapporto h/d=1	≥1 MPa	≥ 1,5 MPa

R.Q.D. (indice di recupero modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto degli spezzoni di carota di lunghezza ≥100 mm	≥ 50%	≥ 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 spese, 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'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.

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, 1'ancoraggio deve essere sollecitato fino al massimo carico di prova possibile, ovverosia 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, cosi 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, 1'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, cosi 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 □L.

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 nel tratto rettilineo finale delle predette curve, in funzione del rapporto fra carico applicato P e carico di prova P_p (Figura 9.1b).

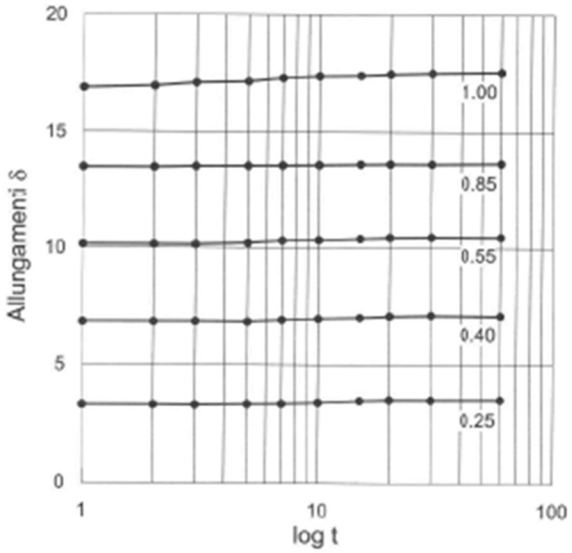


Figura 9.1a

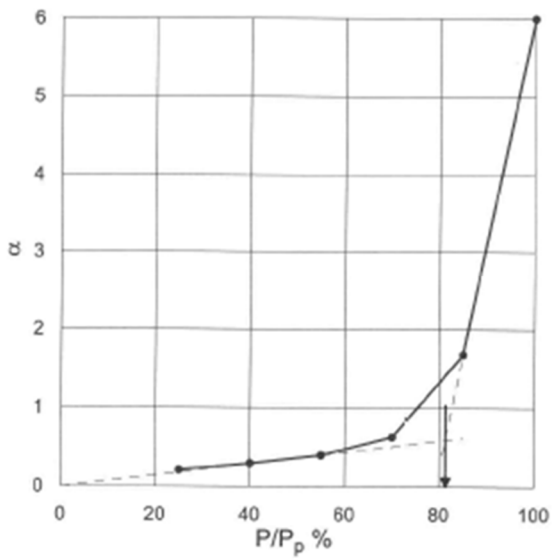


Figura: 9.1b

Nel rispetto degli intervalli minimi suggeriti, una fase di carico può comunque considerarsi terminata se il corrispondente valore di risulta minore di 2 mm.

Per ciascuna curva, il valore del rapporto di creep nel tratto finale della curva è dato da:

$$ = (_2-_1)/\log(t_2/t_1)$$

dove :

- $_1$ è il valore dell'allungamento al tempo t_1;
- $_2$ 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 L_{per} al valore di P_a.

Al termine della prova, viene tracciato il diagramma forze-allungamenti (Figura 9.2).

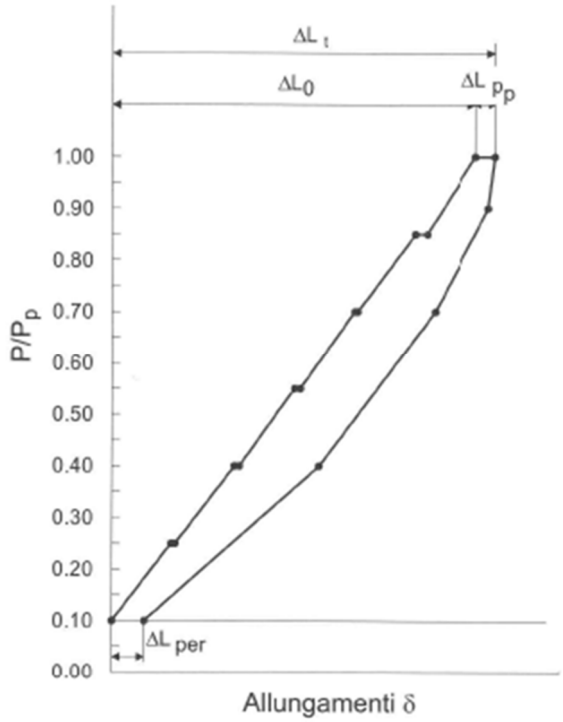


Figura 9.2

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 > 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

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. 1.0

Pavimentazioni stradali

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento

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 MISTO GRANULARE STABILIZZATO PER FONDAZIONE E/O SOTTOFONDAZIONE 15
1.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE 15
1.2 STUDIO PRELIMINARE 16
1.3 MODALITÀ ESECUTIVE 16
1.4 PROVE DI PORTANZA CON PIASTRA DINAMICA TIPO LWD 17
2 FONDAZIONE (SOTTOBASE) IN MISTO CEMENTATO CONFEZIONATO IN CENTRALE 18
2.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE 18
2.1.1 Inerti 18
2.1.2 Legante 19
2.1.3 Acqua 19
2.2 STUDIO DELLA MISCELA 19
2.3 MODALITÀ ESECUTIVE 20
3 FONDAZIONE (O SOTTOBASE) IN MISTO CEMENTATO O CALCE, LA TECNICA DELLA MISCELAZIONE IN SITO 22
3.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI 23
3.1.2 Inerti 23
3.1.3 Legante 24
3.1.4 Acqua 24
3.2 STUDIO DELLA MISCELA 24
3.3 MODALITÀ ESECUTIVE 25
4 FONDAZIONE O SOTTOBASE CON TECNICA DEL BITUME SCHIUMATO REALIZZATO IN SITO 27
4.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI 28
4.2 STUDIO DELLA MISCELA 29
4.3 MODALITÀ ESECUTIVE 30
5 FONDAZIONE O SOTTOBASE CON TECNICA DEL BITUME SCHIUMATO REALIZZATO IN IMPIANTO 32
5.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE 32
5.2 STUDIO DELLA MISCELA 33

5.3 MODALITÀ ESECUTIVE 34
6 LEGANTI BITUMINOSI E LORO MODIFICATI 35
6.1 LEGANTI BITUMINOSI SEMISOLIDI 35
6.2 BITUMI DI BASE 35
6.2.1 BITUMI MODIFICATI 36
6.2.2 BITUME PER LAVORI DI RICICLAGGIO A FREDDO MEDIANTE TECNICA DELLO SCHIUMATO 38
6.3 EMULSIONI BITUMINOSE 39
6.3.1 EMULSIONI BITUMINOSE (CATIONICHE NON MODIFICATE) PER MANO DI ATTACCO 39
6.3.2 EMULSIONI BITUMINOSE MODIFICATE PER LAVORI DI RICICLAGGIO A FREDDO (ER) 40
6.4 ATTIVANTI CHIMICI FUNZIONALI (ACF) 41
6.5 ATTIVANTI DI ADESIONE (DOPES, DP) 41
6.6 FIBRE PER IL RINFORZO STRUTTURALE DEL BITUME (FB) 42
6.7 TABELLA SINOTTICA DEI MATERIALI LEGANTI E LORO ADDITIVI 43
6.8 NORMATIVE PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI LEGANTI BITUMINOSI DI CUI AI PUNTI PRECEDENTI 44
7 CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO 44
7.1 CONGLOMERATI BITUMINOSI DI BASE, BASEBINDER, BINDER, USURA 44
7.1.1 DESCRIZIONE 45
7.1.2 BITUME 45
7.1.3 MATERIALI INERTI 45
7.1.4 AGGREGATO GROSSO (PEZZATURE DA 4 A 31,5 mm) 45
7.1.4.1 Strato di base 45
7.1.4.2 Strato di basebinder 45
7.1.4.3 Strato di collegamento (binder) 46
7.1.4.4 Strato di usura 46
7.1.5 AGGREGATO FINO (PEZZATURE INFERIORI A 4 mm) 46
7.1.6 ADDITIVI 46
7.1.7 MISCELE 47
7.1.7.1 - Base con bitume modificato e tal quale 47

7.1.7.2 Basebinder con bitume modificato e tal quale 47
7.1.7.3 Binder con bitume modificato e tal quale 48
7.1.7.4 Usura tipo "A" e "B" con bitume modificato e tal quale 49
7.1.7.5 Usura A con argilla espansa con bitume modificato e tal quale 49
7.1.8 REQUISITI DI ACCETTAZIONE 50
7.1.8.1 Strato di base e basebinder 50
7.1.8.2 Strato di collegamento (binder) 51
7.1.8.3 Strato di usura 52
7.1.8.4 Controllo dei requisiti di accettazione 52
7.1.8.5 Formazione e confezione delle miscele 54
7.1.8.6 Posa in opera 54
7.1.8.7 Conglomerato bituminoso riciclato (fresato)-modalità di reimpiego 56
7.2 CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI USURA DRENANTE E DRENANTE ALLEGGERITO CON ARGILLA ESPANSA 57
7.2.1 AGGREGATI 58
7.2.2 MISCELA 59
7.2.3 REQUISITI DI ACCETTAZIONE 60
7.2.4 FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE 61
7.2.5 POSA IN OPERA DELLE MISCELE 61
7.3 CONTROLLO SULLA QUALITA' DELLA COMPATTAZIONE DELLE MISCELE 62
7.4 REQUISITI DI LABORATORIO SOTTOPOSTI A DETRAZIONE 63
8 RIGENERAZIONE A FREDDO IN SITO O TRAMITE IMPIANTO MEDIANTE EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA 65
8.1.1 MATERIALI INERTI 66
8.1.2 LEGANTE E ADDITIVI 66
8.1.3 STUDIO DELLA MISCELA 67
8.1.4 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE 68
8.1.5 FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE 69
8.1.6 FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE 69
8.1.7 POSA IN OPERA DELLA MISCELA 69

9 TRATTAMENTI SUPERFICIALI 70
9.1 RISAGOMATURA DELLE DEFORMAZIONI SUPERFICIALI MEDIANTE IMPIEGO DI MICROTAPPETI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO 70
9.1.1 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI 70
9.1.2 POSA IN OPERA 70
9.1.3 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI (VOLUMETRICHE E MECCANICHE) 71
9.1.3.1 Dati volumetrici 71
9.1.3.2 Dati meccanici 72
9.2 TRATTAMENTI DI IRRUVIDIMENTO CON SISTEMI MECCANICI 72
9.2.1 IRRUVIDIMENTO PER MIGLIORARE L'ADERENZA 72
9.2.1.1 Irruvidimento mediante pallinatura 73
9.2.2 IRRUVIDIMENTO PER VARIARE LA RUMOROSITÀ' 73
9.3 MICROTAPPETI A FREDDO TIPO "SLURRY - SEAL" (MACRO-SEAL) 73
9.3.1 DESCRIZIONE 73
9.3.2 INERTI 74
9.3.3 ADDITIVI 74
9.3.4 MISCELE 74
9.3.5 MALTA BITUMINOSA 75
9.3.6 COMPOSIZIONE E DOSAGGI DELLA MISCELA 76
9.3.7 ACQUA 76
9.3.8 CONFEZIONAMENTO E POSA IN OPERA 76
10 CONTROLLO REQUISITI DI ACCETTAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI 78
10.1 PREMESSE 78
10.2 ADERENZA E TESSITURA 78
10.3 REGOLARITÀ 81
10.4 PORTANZA 83
10.5 VALUTAZIONE DEGLI SPESSORI DEGLI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO DI UNA PAVIMENTAZIONE STRADALE 88
10.6 APPLICAZIONE DI EVENTUALI PENALI MULTIPLE 89
11 DRENAGGI 90

11.1 DRENAGGI TRADIZIONALI (ESTERNI ALLE ZONE PAVIMENTATE) 90
11.2 DRENAGGI CON FILTRO IN "NON TESSUTO" (ESTERNI ALLE ZONE PAVIMENTATE O EFFETTUATI PRIMA DI STENDERE LE PAVIMENTAZIONI) 90
11.3 DRENAGGI A SCAVO AUTOMATIZZATO E CON RIEMPIMENTO IN CALCESTRUZZO POROSO (PER DRENARE ZONE GIA' PAVIMENTATE) 91
12 SIGILLATURA DI LESIONI O GIUNTI DI STRISCIATA 92
12.1 SIGILLATURA DELLE LESIONI DELLA PAVIMENTAZIONE ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA 92
12.2 SIGILLATURA DELLE LESIONI DELLE PAVIMENTAZIONI ESEGUITA CON NASTRO BITUMINOSO PREFORMATO E AUTOADESIVO 93
12.3 SIGILLATURA DELLA LINEA DI CONTATTO TRA CORDOLO E PAVIMENTAZIONE NEI PONTI E VIADOTTI ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA 93
13 ARMATURA DI GIUNTI LONGITUDINALI PER RIDURRE LA TRASMISSIONE DELLE FESSURE E GESTIONE DEGLI SCAVI PER SOTTOSERVIZI 94
13.1 DESCRIZIONE 94
13.2 CASO DEL GIUNTO LONGITUDINALE 94
13.3 CHIUSURA DEGLI SCAVI RISULTANTI DA INTERVENTI PER SOTTOSERVIZI. 95
13.3.1 CHIUSURA DELLO SCAVO TEMPORANEO PER LA SICUREZZA DELLA CIRCOLAZIONE STRADALE 95
13.3.2 CHIUSURA DEFINITIVA CON REINTEGRO DELLE CONDIZIONI ORIGINALI DELLA SEDE STRADALE 95
13.3.3 CASO DEL GIUNTO TRASVERSALE (INIZIO E FINE LAVORAZIONI DI PAVIMENTAZIONI NUOVE IN CONTINUAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI ESISTENTI) 96
14 RIPARAZIONE SUPERFICI DEGRADATE DI LIMITATA ESTENSIONE 96
14.1 14.1 CASO DEI RAPPEZZI LOCALIZZATI 96
14.1.1 CASO DI DEGRADO DIFFUSO CON BUCHE GIÀ PRESENTI NON CONTIGUE E NON DIFFUSE 96
14.1.2 CASO DI DEGRADO DIFFUSO MA CON BUCHE GIÀ PRESENTI CONTIGUE E/O DIFFUSE 97
15 TRATTAMENTO FUNZIONALE DELLE BUCHE (INTERVENTI PUNTUALI) 97
16 APPENDICE 99

16.1 INDICAZIONI SUI CRITERI PROGETTUALI 99
16.2 RIPARAZIONI SUPERFICIALI DI SOCCORSO (RSS) 100
16.3 RISANAMENTI SUPERFICIALI (RS) 102
16.4 RISANAMENTI PROFONDI (RP) 104
16.5 PROGETTO DELLE PAVIMENTAZIONI NUOVE COSTRUZIONI (NC) 107
16.6 INDACAZIONI GENERALI PER LA SCELTA DELLE SOLUZIONI DI INTERVENTO 109
16.7 LUNGHEZZA ED UBICAZIONE TRASVERSALE DEGLI INTERVENTI NELLA SEZIONE STRADALE 112
16.8 TRAFFICO DI RIFERIMENTO PER LE SCELTE DEGLI INTERVENTI 113

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 macroseal
    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 istruzione 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 prescrizionali, 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.

I conglomerati bituminosi per essere ritenuti idonei e quindi impiegabili, dovranno essere dotati obbligatoriamente di marcatura CE (a fianco 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

CE 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 11%	V10	G_{min}
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%

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, e percentuali di impiego, fresato compreso;
- caratteristiche volumetriche (% vuoti, pesi di volume) e meccaniche (ITS, Rc e CTI.);
- 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 contenente 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 solleverà l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

L'utilizzo dei Laboratori esterni, che potranno provvedere anche alle misure ad alto rendimento eseguite ai fini dei controlli prestazionali, sono possibili, purchè 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 al fini del rilievo del modus operandi delle Imprese in corso d'opera ed 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 accompagno 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 ed 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 eseguite le verifiche e le prove disposte per l'accertamento delle prestazioni del rispetto delle presenti NT (Art.10.1), 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 valutati 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 ancoraggio, 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 prestazionali 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 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.

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 PER FONDAZIONE E/O SOTTOFONDAZIONE

D.01.001 "Fondazione stradale in misto granulare stabilizzato"

La fondazione in oggetto è costituita da una miscela di terre stabilizzate granulometricamente; la frazione grossa di tale miscela (trattenuta al setaccio UNI 2 mm) può essere costituita 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 ultimo strato del rilevato 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
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 ± 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.

Contemporaneamente 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.

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 20 cm e non inferiore a 10 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 o vibranti gommati, 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 95% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (AASHTO T 180-57 metodo D) con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al setaccio 3/4".

La portanza dello strato dovrà essere rilevata mediante tramite LWD (Light Weight Deflectometer) con valore min 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 ≤ 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 riaddensato.

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 $E=f\cdot(1-\eta 2)\cdot\sigma\cdot r/d0$ con f = 2, η = 0,35, σ =

sforzo effettivamente applicato (intorno a 70 KPa), r = 150 mm (raggio della piastra), e d0 = deflessione misurata al centro piastra.

2 FONDAZIONE (SOTTOBASE) IN MISTO CEMENTATO CONFEZIONATO IN CENTRALE

D.01.003 "Fondazione stradale in misto cementato"

Il misto cementato per fondazione (sottobase) sarà costituito da una miscela di inerti 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 INERTI

Saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume con percentuale di frantumato complessiva compresa tra il 30 ed il 60% in peso sul totale degli inerti.

A discrezione della DL potranno essere impiegate quantità di materiale frantumato superiori al limite stabilito, in questo caso la miscela finale dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione e a trazione a 7 giorni prescritte nel seguito; questo risultato potrà ottenersi aumentando la percentuale delle sabbie presenti nella miscela e/o la quantità di passante allo 0,063 mm.

L'aggregato di dimensioni non superiori a 40 mm, né di forma appiattita, allungata o lenticolare.

La granulometria deve essere compresa nel seguente fuso ed avente 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 ± 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 pressa giratoria con le seguenti caratteristiche 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	7 gg	Dimensioni provini

Rit 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 0,70 MPa a 3gg e 0,90 Mpa a 7gg.

Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelti la curva, la densità (misurabile sui provini giratoria a 180giri) e le resistenze di progetto da usare come riferimento nelle prove di controllo.

2.3 MODALITÀ 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 ton per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso

non inferiore a 18 ton;

rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm e carico di almeno 18 ton.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli misti, vibranti-gommati 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 temperaturediverse, 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.

Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale similare.

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 acida al 55% in ragione di 1 ÷ 2 Kg/m², in

relazione 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. La rispondenza delle granulometrie delle miscele a quelle di progetto dovrà essere verificata con controlli giornalieri , e comunque ogni 300 mc di materiale posto in opera.

A compattazione ultimata la densità in sito dovrà essere non inferiore al 94% della densità dei provini giratoria (miscela di progetto a 180 giri) 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 1.4 e dovranno avere valori:

Maturazione	Modulo elastico (Mpa)
4 ore	60
24 ore	200-600

3 FONDAZIONE (O SOTTOBASE) IN MISTO CEMENTATO O CALCE, LA TECNICA DELLA MISCELAZIONE IN SITO

D.01.002 "Stabilizzazione a cemento o calce di esistente fondazione"

Il misto cementato per fondazione (sottobase) o sottofondazione con miscelazione in sito e inerente esclusivamente i lavori di manutenzione straordinaria (MS) e sarà costituito da una miscela di inerti costituenti la preesistente fondazione in misto granulare da miscelare in sito, mediante idonei miscelatori (pulvimixer), dopo aggiunta di cemento ed acqua, per uno spessore di norma di cm. 20-25 e comunque variabile secondo le indicazioni della DL (ma comunque non superiore a 30 cm).

L'impiego della calce è previsto per lavorazioni che interessano strati posti sotto la fondazione inquinati da argille, in casi particolari (su approvazione della DL) sarà possibile usare entrambi i leganti (cemento e calce) pur nei limiti indicati al punto 3.1.2

Altri spessori potranno essere richiesti secondo le caratteristiche progettuali.

3.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1.1.1.1.1

3.1.2 INERTI

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 (CNR UNI 10.014) dovrà essere comunque inferiore a 10.

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.D.).

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

3.1.3 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, è consentito l'impiego di calce idrata.

3.1.4 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 lavorazione si deve prevedere almeno un saggio di almeno 150 kg su cui effettuare uno studio da realizzare con provini giratoria per stabilire le percentuali di cemento /calce e acqua ottime ed eventuali integrazioni.

Ai fini della determinazione delle percentuali di cemento/calce 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	7 gg	Dimensioni provini
Rit 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 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 del cemento/calce 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 ton per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso

non inferiore a 18 ton;

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1 ÷ 2 Kg/m², in relazione 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/calce che dovrà avere un valore legato alla natura del materiale da riciclare ed alla sua % di umidità

Indicativamente considerando una lavorazione di 25cm, si fornisce la seguente tabella per l'impiego di cemento/calce in funzione del contenuto d'acqua.

Contenuto d'acqua totale	Cemento/calce	Kg cemento/calce a mq su 25cm 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	50
24 ore	180-600

4 FONDAZIONE O SOTTOBASE CON TECNICA DEL BITUME SCHIUMATO REALIZZATO IN SITO

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 sottobasi (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 almeno 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.

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- D.01.004 "Rigenerazione a freddo con la tecnica del bitume schiumato"

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. 6.2.2. 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 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
ITS 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 30mm 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 oltrechè 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 19 ton preferibilmente accoppiato ad un rullo gommato di almeno 18 ton.

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 25cm, si fornisce la tabella per l'impiego di cemento in funzione del contenuto d'acqua:

Contenuto d'acqua totale	Cemento	Kg cemento a mq 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)
1 ore	>50
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, l'impiego di calce in sostituzione del cemento.

5 FONDAZIONE O SOTTOBASE CON TECNICA DEL BITUME SCHIUMATO REALIZZATO IN IMPIANTO

- D.01.004 "Rigenerazione a freddo con la tecnica del bitume schiumato"

-

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, purchè 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 saranno quelli descritti all'art. 6.2.2 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% ed acqua di compattazione variabile tra 5 e 7% 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 $\pm$ 3
Angolo di rotazione	1,25 $\pm$ 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	150

Caratteristiche di resistenza

	3 gg	Dimensioni provini
ITS 25°C (GPa x 10^{-3})	0,30 – 0,50	Diametro 150mm altezza 100-130 mm
CTI 25°C (GPa x 10^{-3})	$\geq$ 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 12 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

È possibile, per spessori superiori a 20cm, 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 ton preferibilmente accoppiato ad un rullo gommato di almeno 18 ton.

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)
ore	>50
24 ore	180-600

6 LEGANTI BITUMINOSI E LORO MODIFICATI

6.1 LEGANTI BITUMINOSI SEMISOLIDI

Per leganti bituminosi semisolidi si intendono i bitumi per uso stradale costituiti sia da bitumi di base che da bitumi modificati.

6.2 BITUMI DI BASE

I bitumi di base per uso stradale sono quelli con le caratteristiche indicate in tab. 6.A impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi di cui all'art. 7. 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. 7.4, qualora il materiale sia accettato dalla DL.

TABELLA 6.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}) viscosità dinamica 160°C (cilindri coassiali S21 20rpm)	Pa x s	0,03-0,10	0,02-0,10

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:

- 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).

CE	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	

6.2.1 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 soft SF (modifica media) e in modo hard HD (modifica forte) con le caratteristiche riportate nella tabella 6.B

Possono essere inoltre impiegati bitumi di base modifica BM opportunamente preparati per una successiva modifica.

I bitumi di tipo soft potranno essere impiegati nelle miscele normali (base, binder, usura) mentre dovranno essere tassativamente impiegati i bitumi di tipo hard nelle miscele speciali (vedi art. 7.2.) salvo diversa indicazione della Committente.

TABELLA 6.B - BITUMI MODIFICATI CON AGGIUNTA DI POLIMERI				
caratteristiche	U.M.	Base Modifica BM	Soft 2,5%-3,5% SF(°)	Hard 4%-6% HD (°)
penetrazione a 25° C	dmm	80-100	50-70	50-70
punto di rammollimento	° C	40-60	60-80	70-90
punto di rottura Fraass	° C	≤-8	≤ -10	≤ -12
ritorno elastico a 25° C	%	-	≥ 70	≥ 80
viscosità dinamica 160°C (Shear rate $5*10^2$ s^{-1}) viscosità dinamica 160°C (cilindri coassiali S21 20rpm)	Pa x s	0,01-0,10	0,10-0,35	0,15-0,45
Stabilità allo stoccaggio tube test	°C	-	≤ 3(°°)	≤ 3(°°)
valori dopo RTFOT - Rolling Thin Film Oven Test				
penetrazione residua a 25° C	%	≥ 50	≥ 40	≥ 40
Incremento del punto di rammollimento	° C	≤ 9	≤ 8	≤ 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

TABELLA 6.C - BITUMI MODIFICATI PER MANI D'ATTACCO		
BITUME SOFT O HARD		
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	0,10-0,45

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).

CE 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%

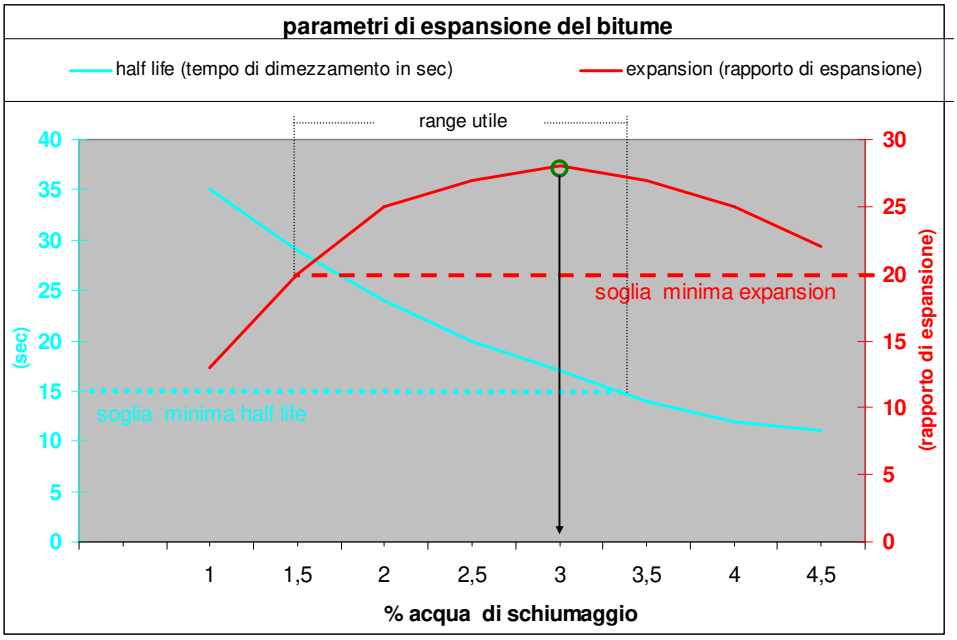
6.2.2 *BITUME PER LAVORI DI RICICLAGGIO A FREDDO MEDIANTE TECNICA DELLO SCHIUMATO*

Per utilizzare la tecnologia del riciclaggio a freddo mediante schiumato si dovrà usare un bitume o BM adatto alla 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



6.3 EMULSIONI BITUMINOSE

6.3.1 EMULSIONI BITUMINOSE (CATIONICHE NON MODIFICATE) PER MANO DI ATTACCO

Le emulsioni bituminose possono essere impiegate come mano di attacco solo tra misto cementato e base, basebinder, binder e usure normali (per usure non aperte). Negli altri casi si usa bitume modificato hard (vedi Art. - 6.2.1)

TABELLA 6.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:

CE N° di identificazione dell'ente notificato	Es. marcatura CE
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 *CARATTERISTICHE DEL LEGANTE:* 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).

6.3.2 EMULSIONI BITUMINOSE MODIFICATE PER LAVORI DI RICICLAGGIO A FREDDO (ER)

Per legante si dovrà impiegare emulsione bituminosa acida modificata (con SBS e/o lattice) secondo i parametri della tabella 6.E.

L'emulsione dovrà avere caratteristiche di stabilità/velocità di rottura adatte alla tecnologia del riciclaggio impiegata.

TABELLA 6.E - EMULSIONI BITUMINOSE MODIFICATE		
caratteristiche	unità di misura	valori
contenuto d'acqua	% in peso	≤40
contenuto di bitume	% in peso	≥ 60
grado di acidità (pH)		2-4
polarità delle particelle		positiva (cationiche) o negativa (anioniche)
sedimentazione a 7 gg	%	< 10

caratteristiche del bitume estratto		
penetrazione a 25° C	dmm	50-70
punto di rammollimento	° C	55-75
punto di rottura Fraass	° C	≤ -10
Ritorno elastico a 25° C	%	≥ 55

6.4 ATTIVANTI CHIMICI FUNZIONALI (ACF)

Gli ACF sono composti chimici da utilizzare sempre nelle lavorazioni (a caldo e a freddo) in cui si reimpiegano materiali fresati.

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.

6.5 ATTIVANTI DI ADESIONE (DOPES, DP)

Gli attivanti di adesione hanno la funzione di modificare le caratteristiche superficiali degli aggregati rendendoli idrofobi e allo stesso tempo di aumentare l'adesione inerte/bitume.

Gli attivanti di adesione (a volte compresi anche negli ACF) 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 possono essere dispersi nel bitume (preferibile) o spruzzati sugli aggregati.

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.

6.6 FIBRE PER IL RINFORZO STRUTTURALE DEL BITUME (FB)

Sono prodotti che migliorano le caratteristiche strutturali del legante, 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 (°C)	> 300 °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.

6.7 TABELLA SINOTTICA DEI MATERIALI LEGANTI E LORO ADDITIVI

Le lavorazioni previste devono essere eseguite impiegando i leganti bituminosi adeguati:

Lavorazioni	Leganti			Additivi		
Usure A e B	SF	HD		ACF	DP	
Binder	SF	HD		ACF	DP	
Base	SF	HD		ACF	DP	
Basebinder	SF	HD		ACF	DP	
Drenante	HD			FB	DP	
Drenante con argilla espansa	HD			FB	DP	
Riciclaggio con schiumato	BM	TQ				
Riciclaggio con schiumato in impianto	BM	TQ		ACF		
Riciclaggio emulsione	ER			ACF		
Microtappeto di usura	SF	HD		ACF	DP	

ACF, DP e FB vanno utilizzati su indicazioni della DL.

6.8 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

7 CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO

7.1 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.

7.1.1 DESCRIZIONE

Il conglomerato è costituito da una miscela di inerti nuovi (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi) impastata a caldo con bitume semisolido di cui all'art. 6.1. 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.

7.1.2 BITUME

Si richiamano espressamente le norme di cui all'art. 6, i conglomerati di base, basebinder,

binder e usura potranno essere realizzati con bitumi di base oppure con bitumi modificati.

7.1.3 MATERIALI INERTI

Gli inerti 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 inerti 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

7.1.4 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:

7.1.4.1 STRATO DI BASE

Nella miscela di questo strato dovranno essere impiegati inerti 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.

7.1.4.2 STRATO DI BASEBINDER

Nella miscela di questo strato dovranno essere impiegati inerti 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.

7.1.4.3 STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)

Per questo strato dovranno essere impiegati esclusivamente inerti 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.

7.1.4.4 STRATO DI USURA

Dovranno essere impiegati frantumati di cava con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (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, caso per caso, l'idoneità dei materiali e le percentuali di impiego.Gli aggregati dovranno poi rispondere ai seuenti 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 prevedere l'impiego di aggregati "alluvionali", cioè provenienti da frantumazione di rocce tondeggianti; in questo caso (fermo restando i requisiti richiesti), la percentuale (totale) di impiego di questi ultimi 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) ≥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 sopraindicati.

7.1.5 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 .

7.1.6 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): $\Delta_{R\&B} > 5\%$

7.1.7 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.

7.1.7.1 - 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
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.

7.1.7.2 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.

7.1.7.3 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.

7.1.7.4 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 %	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.

7.1.7.5 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 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 ≥27 daN/cmq
- 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.

7.1.8 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

7.1.8.1 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	SF	HD	
N1	10	10	10	11-15
N2	100	110	120	3-6
N3	180	190	200	≥ 2

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):

	Miscele con bitume TQ	Miscele con bitume SF e HD
Rt (GPa x 10-3)	0,72 – 1,40	0,95 – 1,70
CTI (GPa x 10-3)	≥ 65	≥ 75

7.1.8.2 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 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:

	binder			% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
	TQ	SF	HD	
N1	10	10	10	11-15
N2	100	110	120	3-6
N3	180	190	200	≥ 2

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):

	Miscele con bitume TQ	Miscele con bitume SF e HD
Rt (GPa x 10-3)	0,72 – 1,40	0,95 – 1,70
CTI (GPa x 10-3)	≥ 65	≥ 75

7.1.8.3 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 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:

	Usura A e B			% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
	TQ	Sf	HD	
N1	10	10	10	11-15
N2	120	130	140	3-6
N3	210	220	230	≥ 2

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):

	Miscele con bitume TQ	Miscele con bitume SF e HD
Rt (GPa x 10-3)	0,72 – 1,60	0,95 – 1,90
CTI (GPa x 10-3)	≥ 65	≥ 75

7.1.8.4 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. 10.1.

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 attenervisi rigorosamente comprovandone l'osservanza con esami giornalieri.

Le tolleranze ammesse relative alla granulometa 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 ± 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 approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;
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. 7.1.8);

- I controlli 2 e 3 saranno effettuati ogni 500 tonnellate per le prime 1.000 tonnellate di fornitura ed ogni 1.500 per le successive.

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 2000 mt di lavorazione (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 $\geq$ 55.

7.1.8.5 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 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.

La zona destinata all'ammanimento 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 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 inerti 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.

7.1.8.6 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 spalmato con emulsione bituminosa acida al 55% in peso 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 combinato vibrante gommato più rullo gommato con almeno sette ruote e peso del rullo di 12 t;
- strato di usura - rulli gommati e vibranti tandem con peso di almeno 10 t.

Potrà essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 10 t per le operazioni di rifinitura dei giunti e riprese.

Per lo strato di base a discrezione della DL potranno essere utilizzati rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati.

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. 10.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 cementato per garantirne l'ancoraggio dovrà essere rimossa la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione bituminosa acida al 55% 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 risanamento superficiali l'uso dei bitumi modificati come mano di attacco è d'obbligo.

Tra i vari strati deve comunque essere sempre prevista la mano di attacco.

7.1.8.7 CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO (FRESATO)-MODALITÀ DI REIMPIEGO

In caso di utilizzo di materiale fresato, la classificazione del materiale andrà fatta secondo la UNI EN 13108/8.

I conglomerati bituminosi fresati dalle pavimentazioni, per brevità chiamati nel seguito "fresati", sono materiali provenienti da fresature dirette, a freddo o a caldo, o da demolizioni a blocchi di pavimentazioni preesistenti sottoposte a successiva frantumazione. Essi vanno utilizzati o nei conglomerati bituminosi, con o senza altri materiali vergini, oppure per la costruzione di rilevati di qualsiasi tipo, per piazzole di sosta, rampe di conversione o d'uscita per usi di servizio o in condizioni di blocco stradale, allargamento di corsie d'emergenza, aree di parcheggio, d'atterraggio elicotteri ecc. e per tutte le sottofondazioni delle pavimentazioni.

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 drenanti o meno.

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 6.4 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 7.1.7 e 7.1.8) 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) e possibile impiegare le seguenti percentuali di fresato:

	% di impiego di fresato														
	Usura a			Usura b			Binder			Basebinder			Base		
Tipologia bitume	TQ	SF	HD	TQ	SF	HD	TQ	SF	HD	TQ	SF	HD	TQ	SF	HD
% di fresato	≤10	≤15	≤15	≤10	≤15	≤15	≤15	≤25	≤20	≤15	≤25	≤20	≤15	≤30	≤25
% di ACF sul bitume	0,2 0,4	0,2 0,4	0,2 0,4	0,2 0,4	0,2 0,4	0,2 0,4	0,2 0,4	0,2 0,4	0,2 0,4	0,3 0,5	0,3 0,5	0,3 0,5	0,3 0,5	0,3 0,5	0,3 0,5

7.2 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 indicatein premessa.

7.2.1 AGGREGATI

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) ≥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 20% 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.6.6) 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.

7.2.2 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/cmq
- 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	$\alpha > 0,25$

7.2.3 REQUISITI DI ACCETTAZIONE

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:

	Usura drenante	Drenante alleggerita	% vuoti
N1	10	10	$\geq$ 28
N2	50	50	$\geq$ 22
N3	130	130	$\geq$ 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

7.2.4 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.

7.2.5 POSA IN OPERA DELLE MISCELE

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati tradizionali (art. 7.1.8.6 ad 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 ton .

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, sgranature.

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 (art 6.2.1 tabella 6.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 permeabilimetro 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

7.3 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.

7.4 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. 6 tabelle 6.A e 6.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=45dmm e 70+0,1*70=77dmm).

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. 7.1.7 e 7.2.) ai fini dell'applicazione della penale è ammessa una tolleranza di ± 0,3%.

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

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 *(metri cubi)* = Q / (2,3 x 0,045)

D *(euro)* = 0,15 x CM x 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 oppure il parametro da penalizzare (fuori tolleranza) sia la percentuale del bitume si considererà Q = 20ton.

PS = prezzo in €/mc 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 può essere eseguita sia mediante carotaggi che con georadar (GPR) in quest'ultimo caso si rimanda all'art 10.5.

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, su cui calcolare per ciascuna carota lo spessore medio SM da confrontare con lo spessore di progetto.

Sarà applicata la detrazione per spessori in difetto con le 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%

a discrezione della DL potrà essere valutato lo spessore totale, in tal caso la tolleranza massima è del 7%.

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 e quello rilevato

SP = spessore di progetto (mm)

SM = spessore medio misurato della singola carota (mm)

T = tolleranza in %

PR = prezzo (€/mq)

A = area di influenza della carota in mq

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 20% (oltre la tolleranza) la DL si riserva là facoltà di ordinare la rimozione ed il rifacimento dello strato a totale carico dell'impresa.

E' facoltà della DL ritenere comunque accettabili le lavorazioni così come eseguite

L'applicazione delle clausole di questo articolo non esclude quelle previste in altri articoli.

8 RIGENERAZIONE A FREDDO IN SITO O TRAMITE IMPIANTO MEDIANTE EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA

- D.01.010 "Strato di base realizzato in impianto o in sito mediante l'impiego di fresato rigenerato con emulsione bituminosa modificata e cemento"

La rigenerazione in sito a freddo mediante emulsione modificata delle pavimentazioni in conglomerato bituminoso viene realizzata 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 10 a 16 cm.

8.1.1 MATERIALI INERTI

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 neccessarie caratteristiche tecniche (granulometria, resistenza, portanza) è consentita l'integrazione con aggregati frantumati di cava (frantumazione 100%) nella percentuale massima del 30%.

8.1.2 LEGANTE E ADDITIVI

Per legante si dovrà impiegare emulsione bituminosa acida modificata (con SBS e/o lattice) secondo le caratteristiche indicate all'art 6.3.2 tabella 6.E (sezione bitumi), in percentuali comprese tra 3,0 e 4,5% in peso sugli aggregati;

Il cemento andrà dosato in percentuali tra 0,7 e 2% in peso sugli aggregati.

In aggiunta all'emulsione dovrà essere impiegato cemento (325 Portland) in percentuali tra 0,7 e 1,5% in peso sugli aggregati

L'acqua di aggiunta dovrà essere pura priva di sostanze organiche.

Gli additivi rigeneranti/attivanti di adesione dovranno essere sempre impiegati secondo le risultanze dello studio preliminare e seguendo anche le indicazioni dell'art.6.4

La miscela di materiale da riciclare ed eventuali inerti 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 è intesa del materiale post estrazione del bitume

8.1.3 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
ITS 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 (%)	2,0			3,0			4,0			Le percentuali sono da intendersi in peso sulla miscela
cemento (%)	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	
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

8.1.4 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE

L'Impresa ha l'obbligo di fare eseguire prove sperimentali sui campioni di fresato

di legante 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 attenervisi rigorosamente comprovandone l'osservanza con esami giornalieri.

Per la percentuale di bitume totale (vecchio più proveniente da emulsione) non sarà tollerato uno scostamento da quella di progetto di ± 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 inerti, 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 1.4 e dovranno avere valori:

Maturazione	Modulo elastico (Mpa)
4 ore	> 60
24 ore	200-600

-

8.1.5 FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE

A riprova della presenza e del buon uso dei sistemi di compattazione la percentuale dei vuoti (rilevabile da carotaggi) dovrà risultare < 8%.Le verifiche potranno essere fatte anche in corso d'opera con possibilità di richiesta da parte della DL di variazione del sistema di compattazione.

8.1.6 FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE

Il fresato deve essere vagliato (o granulato) al fine di evitare la permanenza di crostoni e materiale con dimensioni > 40 mm.

Sul piano di posa della lavorazione va stesa una mano di attacco realizzata con emulsione modificata a rapida rottura (oppure con la stessa emulsione usata per il riciclaggio) in ragione di 0,8 - 1,5 kg/mq comprendendo anche i cordoli verticali.

L'aggiunta obbligatoria dei rigeneranti (ACF) dovrà essere effettuata secondo le risultanze dello studio preliminare e secondo l'art 6.4, opportunamente omogeneizzati e mediante attrezzature in grado di fornire quantità variabili misurabili.

Le attrezzature impiegate dovranno essere corredate da dispositivi per il controllo visivo delle quantità di fresato emulsione, cemento, acqua e ACF immessi nella miscela.

8.1.7 POSA IN OPERA DELLA MISCELA

La stesa dovrà essere realizzata con idonea piastra finitrice, munita di opportuni sistemi di riscaldamento. La compattazione dovrà essere effettuata con rullo monotamburo vibrante di almeno 19 ton accoppiato ad un rullo gommato di almeno 18 ton.

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.

9 TRATTAMENTI SUPERFICIALI

9.1 RISAGOMATURA DELLE DEFORMAZIONI SUPERFICIALI MEDIANTE IMPIEGO DI MICROTAPPETI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO

9.1.1 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 dei materiali inerti 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. 7.1 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
setaccio 2	38-58
setaccio 0.5	15-32
setaccio 0,25	8-20
setaccio 0,063	5-10

9.1.2 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 colaggio 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/mq 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.

9.1.3 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

9.1.3.1 DATI VOLUMETRICI

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 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

9.1.3.2 DATI MECCANICI

Le miscele risultanti dallo studio/verifica mediante giratoria (compattate a N3) devono essere testate a trazione diametrale a 25 °C.

I due parametrti di riferimento sono Rt (resistenza a trazione) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

ITS (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.

9.2 TRATTAMENTI DI IRRUVIDIMENTO CON SISTEMI MECCANICI

- D.01.058 "Irruvidimento per migliorare l'aderenza mediante sistemi meccanici"

9.2.1 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.

9.2.1.1 IRRUVIDIMENTO MEDIANTE PALLINATURA

Le superfici con ridotto CAT possono essere riportate a valori superiori con irruviditrici 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.

9.2.2 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 singolari 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.

9.3 MICROTAPPETI A FREDDO TIPO "SLURRY - SEAL" (MACRO-SEAL)

- D.01.048 "Microtappeto a freddo tipo macroseal (0,6 - 0,7 cm)"

9.3.1 DESCRIZIONE

Il microtappeto tipo "slurry-seal" è costituito dall'applicazione di un sottile strato di malta bituminosa impermeabile irruvidita.

L'impiego di macroseal 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 del macroseal (per durata si intende un mantenimento della superficie continuo senza "chiazze" o zone di espoliazione 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 inerti basaltici particolarmente selezionati, impastati a freddo con una speciale emulsione bituminosa elastomerizzata.

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.

9.3.2 INERTI

Gli inerti, 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 inerti 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).

9.3.3 ADDITIVI

Gli additivi (filler) provenienti dalle sabbie descritte al punto 9.3.2. potranno essere integrati con filler di apporto (normalmente cemento Portland 325); gli additivi impiegati dovranno soddisfare i requisiti richiesti al precedente punto 7.1.6.

9.3.4 MISCELE

La miscela dovrà avere una composizione granulometrica compresa nel fuso di

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.

9.3.5 MALTA BITUMINOSA

Il legante bituminoso sarà costituito da una emulsione bituminosa al 60% di tipo elastico a rottura controllata, modificata con elastomeri sintetici incorporati in fase continua (acqua) prima dell'emulsionamento 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	50/65	Normativa UNI EN 1426
Punto di rammollimento °C	63	Normativa UNI EN 1427
Indice di penetrazione	+1,5 - +2,5	
Punto di rottura Fraas min °C	-18	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 inerti, 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.

9.3.6 COMPOSIZIONE E DOSAGGI DELLA MISCELA

La malta bituminosa dovrà avere i seguenti requisiti:

Spessore minimo	mm	6
Dosaggio della malta	Kg/mq	15-25
Dimensione max inerti	mm	7-8
Contenuto di bitume elastomerizzato residuo, in peso sugli inerti	%	6,0-9,0

9.3.7 ACQUA

L'acqua utilizzata nella preparazione della malta bituminosa a freddo dovrà essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche.

9.3.8 CONFEZIONAMENTO E POSA IN OPERA

Il confezionamento dell'impasto sarà realizzato con apposita macchina impastatrice-stenditrice semovente 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 inerti 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 o umido.

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.

10 CONTROLLO REQUISITI DI ACCETTAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI

10.1 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 sempre 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 di tipo prestazionale che valutano le caratteristiche superficiali e strutturali delle pavimentazioni

Tipo di lavorazione	% bitume e qualità	spessori	CAT20	HS	IRI	IS300	IS200
articolo	7.4	7.4 e10.5	10.2	10.2	10.3	10.4	10.4
RSS	SI	SI	SI SE ESTESI ≥ 500 m	SI SE ESTESI ≥ 500 m	NO	NO	NO
TS	SI SE ESTESI ≥ 500 m	NO	SI	SI	NO	NO	NO
RS	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
RP	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NON APPLICABILE
NC	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NON APPLICABILE

10.2 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].

La tessitura geometrica HS, intesa come macrotessitura 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 macroseal spessore 6 mm	62	0,5
Trattamenti superficiali a caldo (microtappeti)	55	0,3
Irradiatura meccanica di irruvidimento (pallinatura)	5 punti CAT in più rispetto al CAT preesistente	N.A.

[1] La relazione tra il valore CAT qui prescritto (CAT_{anas}) e quello definito dalla Norma CNR (CAT_{CNR}) è la seguente:

$CAT_{anas} = CAT_{CNR} \times 100$

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.

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 270° giorno dall'apertura al traffico, mentre le irradiature 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 CSS[2]; La velocità di rilievo dovrà essere mantenuta per quanto possibile costante e pari a 60 ± 5 km/h.

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 formule 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.

[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 sei il Laboratorio è accreditato ISO17025.

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 i/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 disopra 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.

10.3 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 CSS[3]; 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.

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

[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 sei il Laboratorio è accreditato ISO17025.

sarà comunque soggetta alle stesse condizioni di controllo e agli stessi requisiti di regolarità precedentemente descritti.

10.4 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 finale[4].

[4] E' anche possibile verificare dal confronto tra IS300 o IS200 con ISF_{OND} la qualità raggiunta nei due settori della pavimentazione: gli strati profondi (fondazioni e sottofondi) e gli strati superiori.

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 CSS[5]; 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.

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 previste in appendice, prima dell'inizio dei lavori, sarà prodotto dal CSS il diagramma di controllo specifico della tipologia di pavimentazione che si intende realizzare.

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:.

[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 sei il Laboratorio è accreditato ISO17025.

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 $IS300_{14°C}$ 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 IS200, 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	$IS200_{14°C}$ misura FWD con pressione applicata 1700 KPa	$IS200_{14°C}$ 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 (IS200) 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 sottofondo[6].

[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:

$$\frac{IS_{14°C}}{IS_t} = e^{c\times(14-T)}$$

dove $IS_{14°C}$ 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.

10.5 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 potrà essere effettuata, oltre che con carote, anche con sistemi di misura ad alto rendimento dotati di georadar (GPR) opportunamente tarato con carote di controllo.

Le antenne da usare saranno di almeno 1 GHz ed il sistema di acquisizione dovrà garantire una risoluzione nella misura dello spessore dell'ordine di un centimetro; mentre il passo di campionamento spaziale dovrà essere di almeno 50 cm.

Le misure saranno effettuate di norma almeno su un allineamento disposto centralmente rispetto alla larghezza dell'intervento, o, in caso di dubbi sulla buona riuscita ai bordi, potranno 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.

I valori degli spessori saranno dedotti dall'esame dei radargrammi ricavati con la suddetta apparecchiatura.

L'esame potrà essere effettuato visivamente oppure tramite software dedicato; prima dell'esame dovrà essere operata una taratura delle misure usando carotaggi di controllo, in ogni caso non meno di 3 carote/km per corsia.

Le misure con georadar, e/o i carotaggi, saranno effettuate con gli strumenti del CSS o anche da Laboratori accreditati ISO9001, purché operanti con le specifiche ed attrezzature verificate preventivamente dal CSS[7];

Dovrà essere rilevata l'intera lunghezza dell'intervento realizzato da ogni singolo cantiere; le misure di spessore, realizzate con georadar, dovranno essere restituite con un passo di misura di 2 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.

Tale analisi sarà condotta con il programma di calcolo fornito dal CSS.

I valori medi di spessore ricavati per ciascuna TRATTA OMOGENEA dovranno risultare maggiore od uguali agli spessori di progetto.

DETRAZIONI

Nel caso di misure di controllo effettuate con georadar il conglomerato bituminoso sarà valutato in spessore nel suo complesso senza distinzione tra gli strati componenti.

[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 sei il Laboratorio è accreditato ISO17025.

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) · 3) % = 9 %); se invece la differenze 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.

10.6 APPLICAZIONE DI EVENTUALI PENALI MULTIPLE

La presenza di più detrazioni porterà ad applicare la penale più gravosa, ad esclusione della penale sullo spessore e sul bitume (percentuale e qualità) che, se presente, saranno sempre applicata in aggiunta, salvo casi particolari che andranno giudicati dalla DL.

Il valore massimo della detrazione complessiva non potrà superare il 20% dell'importo totale dei lavori di pavimentazioni.

Nei casi in cui l'aggiudicazione dei lavori sia avvenuta con ribasso superiore al 30% il valore massimo della detrazione complessiva sarà elevato fino ad un massimo del 30%.

11 DRENAGGI

11.1 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.

11.2 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.

11.3 DRENAGGI A SCAVO AUTOMATIZZATO E CON RIEMPIMENTO IN CALCESTRUZZO POROSO (PER DRENARE ZONE GIA' PAVIMENTATE)

I drenaggi laterali delle pavimentazioni lungo la mezzeria 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 11.2. con le stesse modalità di impiego.

Il fondo di detto non tessuto dovrà essere impermeabilizzato con bitume, come descritto nel precedente articolo11.2.; in alternativa si potrà usare sul fondo dello scavo una platea in calcestruzzo di classe R'bK 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 mc. 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/mc
5/20	per circa	675 kg/mc

20/40 per circa 675 kg/mc

- l'acqua d'impasto dovrà essere 70-80 litri/mc
- 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.

12 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.

12.1 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. 6.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.

12.2 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)	$\geq$ 60%
Adesività sul calcestruzzo N/cmq (sec DIN 1996 parte 19 mod)	$\geq$ 708
Scorrimento verticale a 60°C per 5 ore N/cmq (sec SNV 671916) %	$\leq$ 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 cosparso 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 (art. 6.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) e indicato solo in casi particolari.

12.3 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 12.1. 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).

13 ARMATURA DI GIUNTI LONGITUDINALI PER RIDURRE LA TRASMISSIONE DELLE FESSURE E GESTIONE DEGLI SCAVI PER SOTTOSERVIZI

13.1 DESCRIZIONE

Per lavori di pavimentazione in affiancamento a sovrastrutture esistenti o per lavori di rappezzo localizzati, al fine di aumentare la durata a fatica dei conglomerati bituminosi posti a cavallo del giunto di ripresa longitudinale o 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 serva a ridurre la risalita delle fessure presenti sul piano d'appoggio.

13.2 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 mescola 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.7). 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 mescola 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.

13.3 CHIUSURA DEGLI SCAVI RISULTANTI DA INTERVENTI PER SOTTOSERVIZI.

Per la posa di sottoservizi, 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 sottoservizi 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 i sottofondo; in alternativa, in luogo della sega potranno essere usare idonee fresatrici a freddo per la rimozione della pavimentazione legata.

Se la realizzazione dell'intervento per sottoservizi 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.

13.3.1 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 sottoservizi.

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'assestamento 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.

13.3.2 CHIUSURA DEFINITIVA CON REINTEGRO DELLE CONDIZIONI ORIGINALI DELLA SEDE STRADALE

La chiusura definitiva avverrà in due tempi, alla fine dei lavori di sistemazione del sottoservizio.

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.

13.3.3 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.

14 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 7 compensato a misura secondo il prezzo di elenco.

14.1 14.1 CASO DEI RAPPEZZI LOCALIZZATI

- D.01.050 "Esecuzione dei rappezzi localizzati"

I rappezzi sono intesi come trattamenti di alcuni mq, 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

14.1.1 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.15.

14.1.2 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.15..

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 serva 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 / ton 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 coccodrillo, dette zone potranno essere trattate con i sistemi descritti all'art 14.1.1

15 TRATTAMENTO FUNZIONALE DELLE BUCHE (INTERVENTI PUNTUALI)

- D.01.057 "Trattamento funzionale delle buche (interventi puntuali) non maggiore di 0,5 mq"

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 cosi da intervenire in condizioni meteo e logistiche non di emergenza.

16 APPENDICE

16.1 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 superfciali 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 miscele[8] 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 macrotessitura HS – altezza della macrotessitura 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

16.2 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.

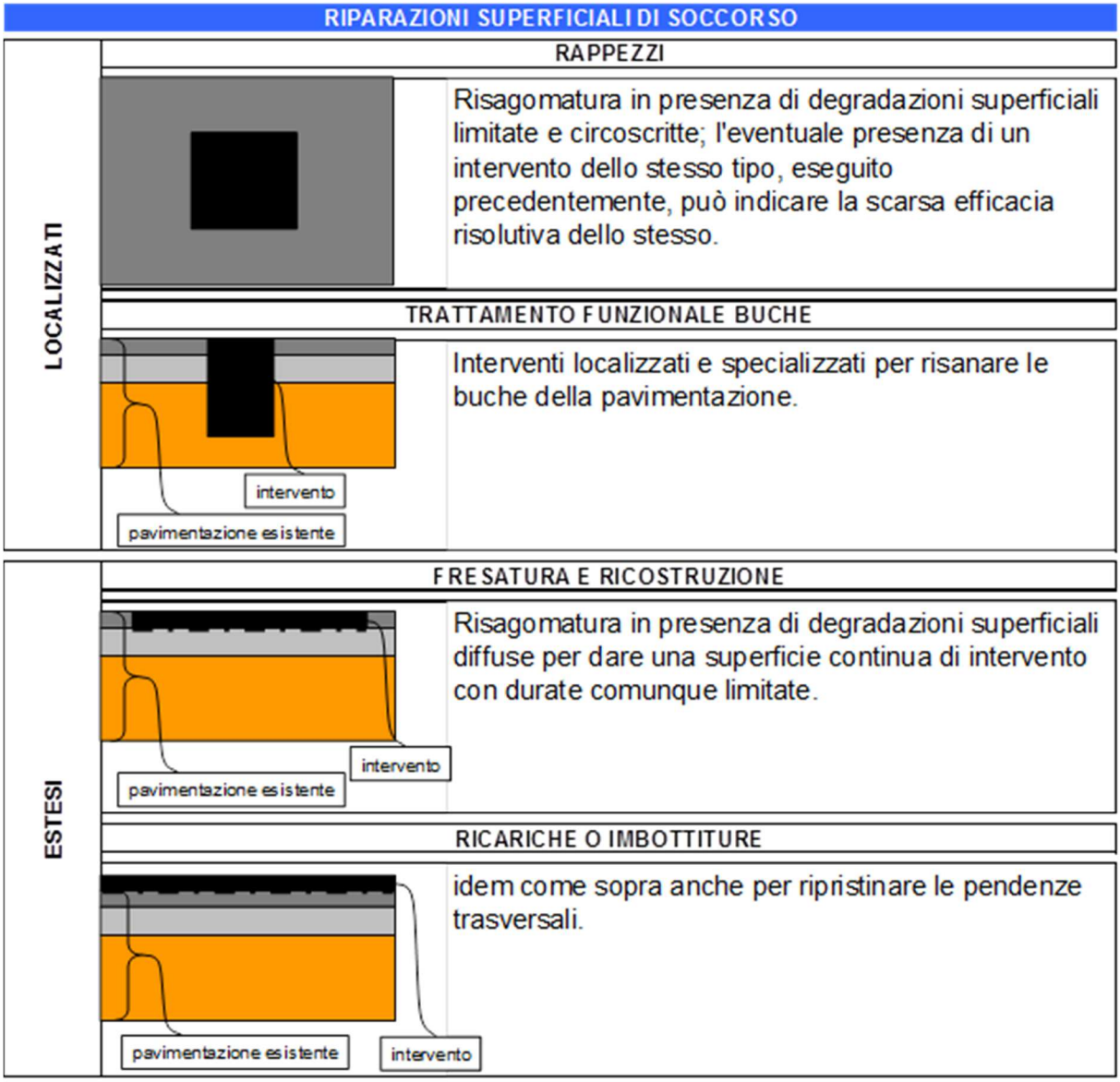
In genere, questi interventi, servono a risanare situazioni di degradi superficiali più o meno accentuati e diffusi, ma, costituiscono soluzioni di breve durata e quindi basso rendimento economico per cui, anche in funzione delle effettive disponibilità economiche, è preferibile adottare altre soluzioni 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.



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" (Macroseal) da 6 mm di spessore confezionate e posate a freddo con idonea attrezzatura. Altri trattamenti superficiali sono sconsigliati.

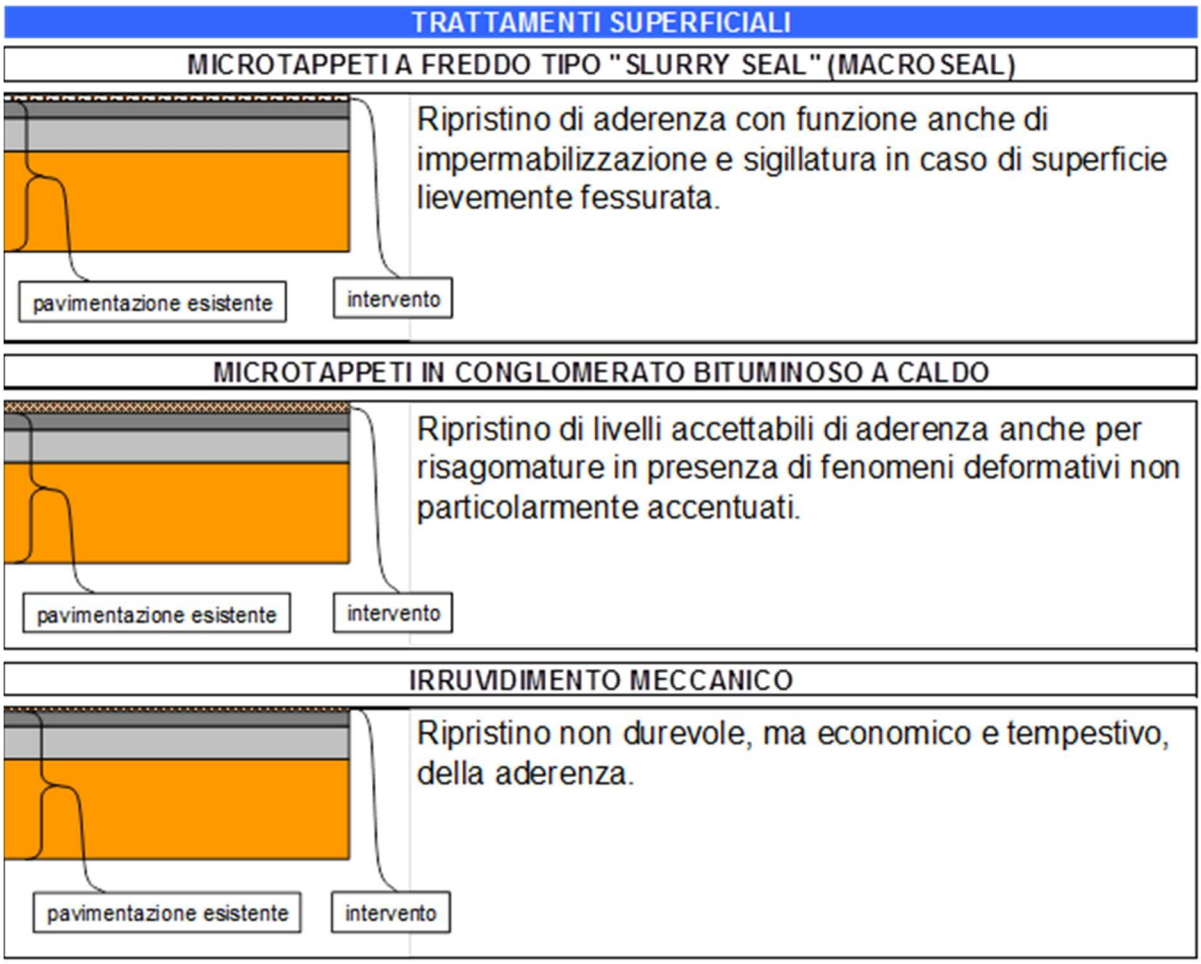
Questi trattamenti superficiali vanno impiegati per il ripristino della aderenza e come impermeabilizzazione o sigillatura di micro lesioni in zone senza cedimenti evidenti.

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.



16.3 RISANAMENTI SUPERFICIALI (RS)

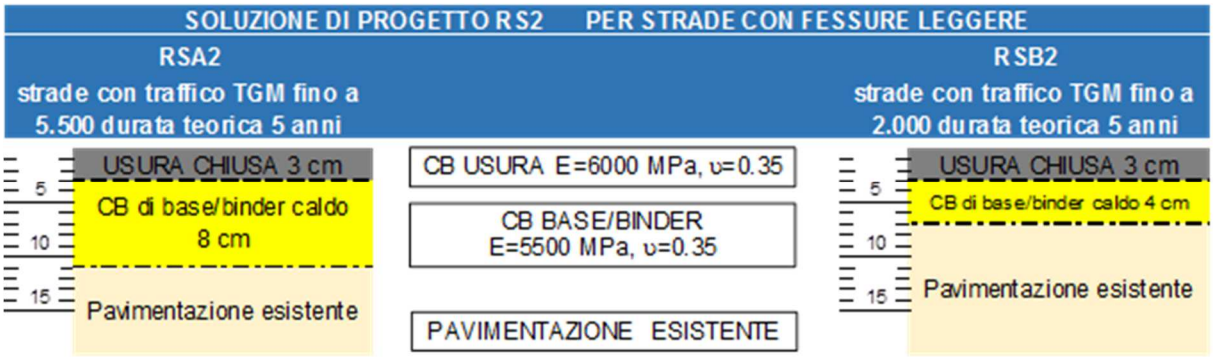
I Risanamenti Superficiali (RS) hanno lo scopo di rinforzare pavimentazioni non completamente degradate, ovviamente non possono garantire una durata equivalente rispetto agli interventi profondi, ma comportano un minore impegno economico, a fronte di minori durate da prendere in considerazione nei progetti.

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 risalita 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 funzioni 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. 10.4

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.

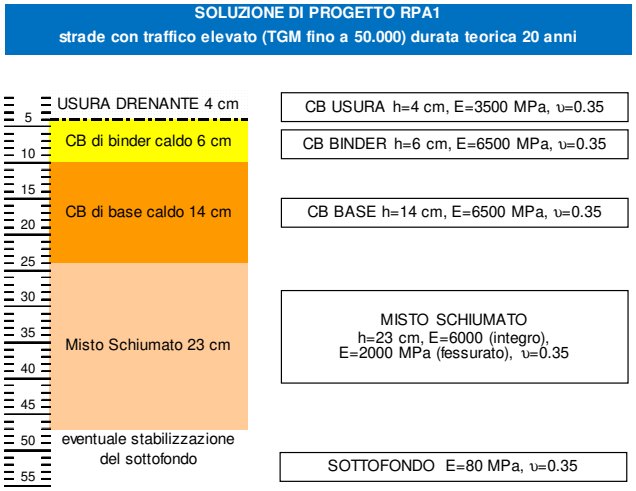
In alcuni di questi casi gli spessori potranno essere ridotti rispetto a quelli indicati ma in caso di variazioni di forte entità sarà necessario il ricalcolo delle curve di riferimento per il controllo prestazionale della portanza.

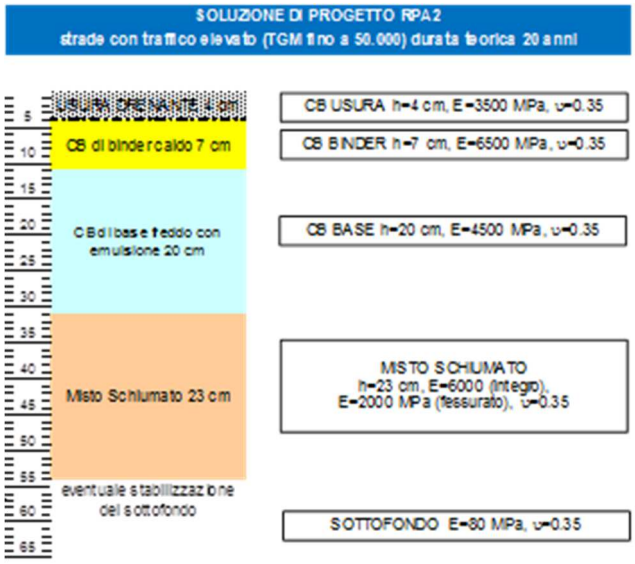
16.4 RISANAMENTI PROFONDI (RP)

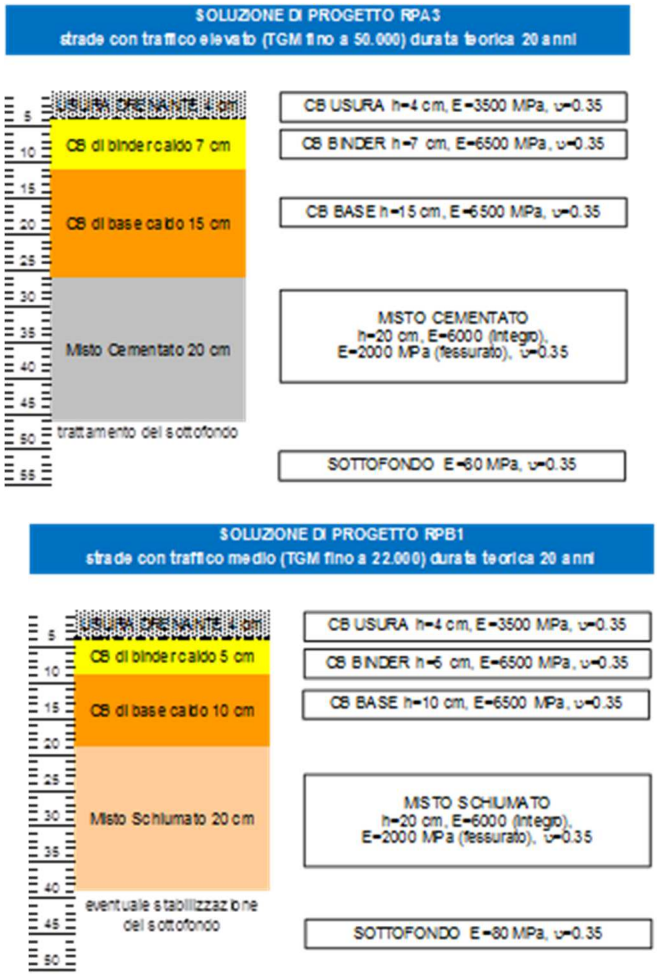
I Risanamenti Profondi (RP) assicurano la riclassificazione in alta durata delle pavimentazioni esistenti; essi comportano una completa demolizione della pavimentazione esistente con parziale o totale riutilizzo dei materiali rimossi.

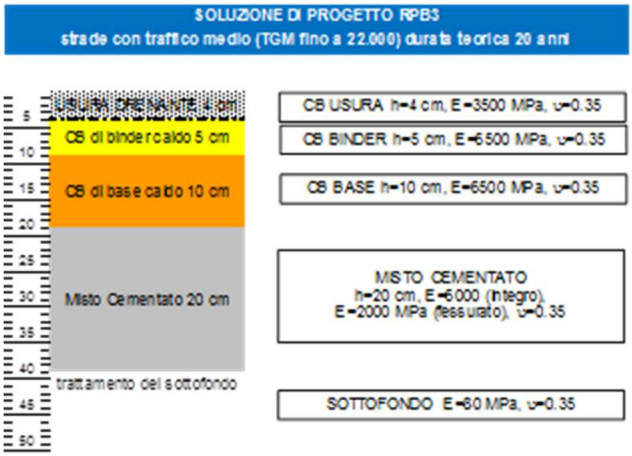
Tali interventi sono previsti dove la pavimentazione si presenta particolarmente ammalorata e dove si vogliono garantire durate elevate in funzione del traffico effettivamente circolante.

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.






SOLUZIONE DI PROGETTO RPA3
strade con traffico elevato (TGM fino a 50.000) durata teorica 20 anni
CB di binder caldo 7 cm
CB di base caldo 15 cm
Misto Cementato 20 cm
trattamento del sottofondo
CB USURA h=4 cm, E=3500 MPa, υ=0.35
CB BINDER h=7 cm, E=6500 MPa, υ=0.35
CB BASE h=15 cm, E=6500 MPa, υ=0.35
MISTO CEMENTATO
h=20 cm, E=6000 (integro),
E=2000 MPa (fessurato), υ=0.35
SOTTOFONDO E=60 MPa, υ=0.35
SOLUZIONE DI PROGETTO RPB1
strade con traffico medio (TGM fino a 22.000) durata teorica 20 anni
CB di binder caldo 5 cm
CB di base caldo 10 cm
Misto Schiumato 20 cm
eventuale stabilizzazione
del sottofondo
CB USURA h=4 cm, E=3500 MPa, υ=0.35
CB BINDER h=6 cm, E=6500 MPa, υ=0.35
CB BASE h=10 cm, E=6500 MPa, υ=0.35
MISTO SCHIUMATO
h=20 cm, E=6000 (integro),
E=2000 MPa (fessurato), υ=0.35
SOTTOFONDO E=80 MPa, υ=0.35



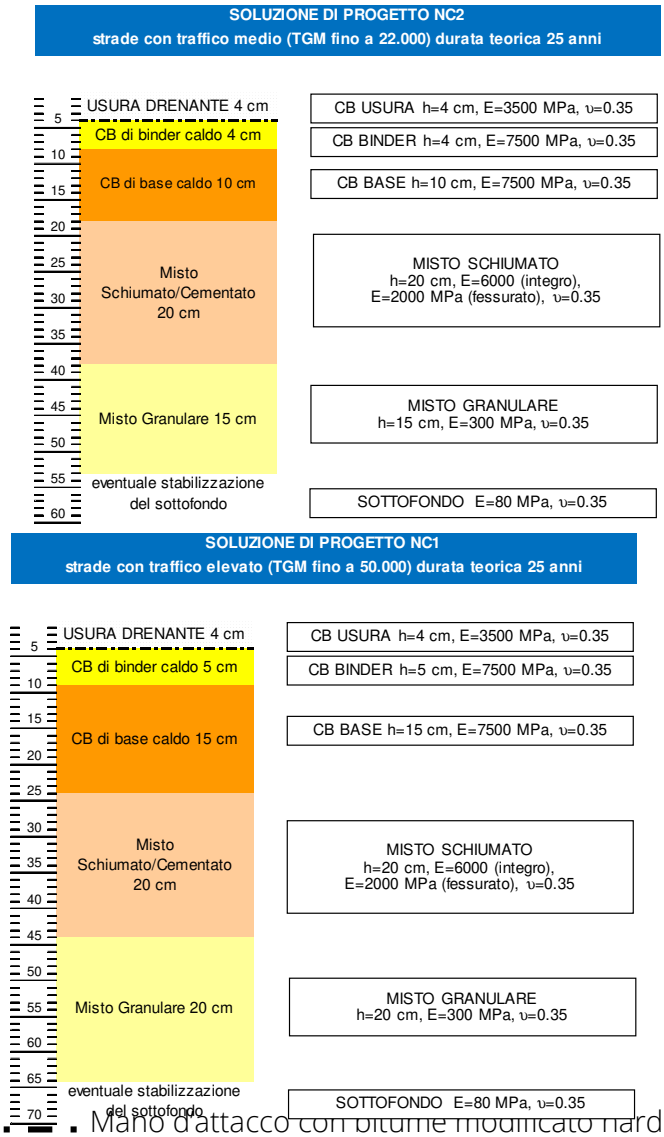
– · – · – · Mano d'attacco con bitume modificato hard

NB le curve di controllo della portanza sono riportate nelle Norme Tecniche all'art. 10.4

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.

16.5 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. 10.4

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. 10.4 per tutte le altre considerazioni.

16.6 INDACAZIONI 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 risolutori 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 presistente 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.

16.7 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.

16.8 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 = LOG(I*G/F+1)/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

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	15
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	ATTENUTORI 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 dovrà 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 dovrà 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 prestazioni diverse	NO
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 ch tiene conto delle accelerazioni nelle tre direzioni che si verificano, durante l'urto, a carico della testa del passeggero, non è obbligatorio, 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 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 (livello di contenimento)	H4
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 del 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/Accettazione
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 del 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 ATTENUTORI 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 urtati 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 del materiali sono riportate nei Rapporti di Prova.
90≤ 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 amovibili, 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 rimovibili 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 del 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 redirezione 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.

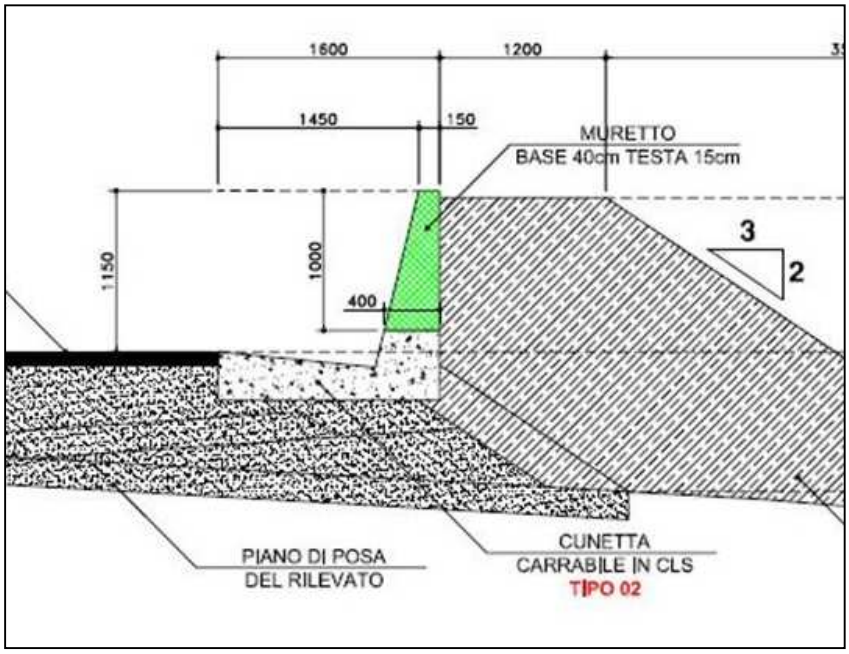


Figura 1: Soluzione del profilo re-direttivo e trincea

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 dovrà essere protetto, su ogni faccia, 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 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 rivesti-mento 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 ≤ 6 mm	55	395	70	505
Acciaio da ≥ 1,5 mm a ≤ 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.

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 Prestazionedefinito 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 riporte 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 i 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 barriere 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)	Criteri 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.
Controllo documentazione	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 Cerificazione; 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 ENI ISO 3834-2:2006; Distinte dei materiali prodotti; Rapporto di Prova; Manuale di Installazione; Manuale di Manutenzione; Documento di Trasporto; Completezza della fornitura.

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	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.
Qualora il Direttore dei Lavori riscontri che un qualsiasi materiale non sia adatto all'impiego DEVE chiederne la sostituzione.	

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 sesso 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

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 contradditorio 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	Verificare la configurazione dell'installazione del dispositivo rispetto a quella indicata negli elaborati progettuali e nei Rapporti di Prova; Verificare il corretto posizionamento del dispositivo rispetto il ciglio stradale e/o linea di mezzeria e secondo le altezze riportate nei Rapporti di Prova; Verificare il serraggio dei bulloni. 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. 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. La frequenza di prova, sarà almeno al 20% del numero totale dei bulloni posti in opera, per ciascuna tipologia. La scelta dei bulloni, oggetto di controllo, sarà a totale discrezione della Direzione Lavori. 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 ±5%. Nel caso la verifica del serraggio dei bulloni non dia esito positivo, si dovrà procedere nel modo che segue: Nel caso la verifica del serraggio dei bulloni non dia esito positivo, si dovrà procedere nel modo come segue: nel caso di un bullone non soddisfi i valori di serraggio, verranno controllati anche i valori di serraggio dell'intero elemento. Nel caso questi soddisfino i valori, verrà accettato il serraggio; in caso contrario, se un secondo bullone non soddisfa i valori di serraggio, le verifiche verranno estese a 2 elementi adiacenti. Nel caso questi soddisfano i valori, il serraggio verrà ritenuto idoneo; in caso contrario, se un terzo bullone non soddisfa i suddetti valori, sarà necessario il serraggio completo di tutto il tratto in esame. Verifica di resistenza dei tirafondi a discrezione della D.L. La frequenza di prova, sarà almeno al 20% del numero totale dei tirafondi posti in opera, per ciascuna tipologia. Nel caso la verifica di resistenza dei tirafondi non dia esito positivo, la D.L. deciderà le modalità di ripristino. Misurare lo spessore dei materiali; Controllare la presenza dell'esatto spazio a tergo della barriera per il perfetto funzionamento in caso di urto della barriera stessa.
Sostituzione totale o parziale di barriera esistente	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;

	Verificare che le banchine in terra, le cunette e i cordoli in 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 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.

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 quanto altro possa concorrere, anche in	L'aggiudicatario sarà tenuto a sostituire a sue spese i materiali non conformi con altri che rispondano alle caratteristiche richieste, nei tempi contrattuali stabiliti.

modo 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 le 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 >1000 L ≤ 1500	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

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

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 9

3.1. Caratteristiche acustiche 10

3.2. Caratteristiche tecniche 10

4. BARRIERA ANTIRUMORE COMPOSTA DA PANNELLI IN MATERIALE COMPOSITO (FRP) 10

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 20

8. BARRIERA INTEGRATA ANTIRUMORE E DI SICUREZZA 20

8.1. Caratteristiche acustiche 21

8.2. Caratteristiche tecniche 21

9. RIVESTIMENTO FONOASSORBENTE DI PARETI 22
9.1. Caratteristiche acustiche 22
9.2. Caratteristiche tecniche 22

10. MATERIALI FONOASSORBENTI 23

11. ELEMENTI STRUTTURALI E MONTANTI 24
11.1. Elementi strutturali metallici 24
11.2. Elementi strutturali in calcestruzzo armato 25
11.3. Elementi strutturali in pultruso 25

12. ACCESSORI DI FISSAGGIO 26

13. GUARNIZIONI E SIGILLANTI 27

14. INTERVENTI DIRETTI SUI RICETTORI 28

15. ACCETTAZIONE E CONTROLLI 28
15.1. Accettazione 29
15.1.1. Marcatura CE e Verifica della Costanza della Prestazione 30
15.1.2. Dossier di Prodotto 31
15.2. Controlli 32
15.2.1. Caratteristiche acustiche - Barriere antirumore 33
15.2.2. Caratteristiche non acustiche - Rivestimenti anticorrosivi 34
15.2.3. Caratteristiche non acustiche - Serraggio di tirafondi e bulloni 34
15.3. Laboratori accreditati 34

16. MODALITÀ DI ESECUZIONE 35

17. MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE 37

18. NON CONFORMITÀ E SANZIONI 39

19. COLLAUDO 40
19.1. Collaudo delle caratteristiche non acustiche 41
19.2. Collaudo delle caratteristiche acustiche 42

20. GARANZIA 43

21. MANUTENZIONE 43
21.1. Contenuti ed articolazione del Piano di Manutenzione 43
21.2. Manutenzione degli elementi acustici 45
21.3. Manutenzione degli elementi strutturali in acciaio 46
21.4. Manutenzione degli accessori metallici 48
21.5. Ripristino dei danni da vandalismo 48

22. APPENDICE 50
22.1. Schema di Dichiarazione di Prestazione (Regolamento UE 305/2011) ... 50
22.2. Esempio di marcatura CE per barriera acustica 50
22.3. Esempio di marcatura CE per barriera di sicurezza 50

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 g/m^2≤ Z ≤ 275 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	≥ 60 μm (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 graffiti	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 kg/m^3≤M_{va}≤1 200 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	≥ 1.800 kg/m^3
Assorbimento igroscopico	UNI EN ISO 62	< 0,30%
Modulo elastico a trazione assiale	UNI EN ISO 527-4	≥ 20 GPa
Resistenza a rottura a trazione assiale	UNI EN ISO 527-4	≥ 200 MPa
Modulo elastico a flessione	UNI EN ISO 14125	≥ 20 GPa
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 x 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 graffiti	ASTM D7089	Dopo 20 cicli di sporcamento 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 Rck ≥ 40 N/mm²**.

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 1 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	≥ 1.150 kg/m³

Assorbimento d'acqua	UNI EN ISO 62 Metodo 1 (24h, 23°C)	≤ 0,5 %
Resistenza a flessione	UNI EN ISO 178	≥ 100 MPa
Resistenza a trazione	UNI ISO 527-2/1B/50	≥ 65 MPa
Resistenza a trazione dopo invecchiamento	UNI EN ISO 527-2/1B/50	≥ 60 MPa
Modulo elastico a flessione	UNI EN ISO 178	≥ 3.000 MPa
Modulo elastico a trazione	UNI EN ISO 527-2/1B/1	≥ 3.000 MPa
Modulo elastico a trazione dopo invecchiamento	UNI EN ISO 527-2/1B/1	≥ 2.800 MPa
Resistenza all'urto Izod con intaglio	UNI EN ISO 180	≥ 1,5 kJ/m²
Resistenza all'urto Charpy senza intaglio	UNI EN ISO 179-1/1fU	≥ 10 kJ/m²
Temperatura di rammollimento Vicat	UNI EN ISO 306 (Metodo B50)	≥ 95°C
Coefficiente di dilatazione termica lineare	UNI 6061	≤ $8 \cdot 10^{-5}$ °C^{-1}
Fattore di trasmissione luminosa totale	UNI EN ISO 13468-1	≥ 90%
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/mm²
Determinazione della resistenza a graffiti	ASTM D7089	Dopo 20 cicli di sporcamento e pulizia: nessun distacco o rigonfiamento della pittura, nessuna variazione di colore

Relativamente ai pannelli in policarbonato 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 policarbonato.

Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento

Spessore		Minimo 12 mm
Massa volumica	UNI EN ISO 1183-2	≥ 1.000 kg/m³
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/m²
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/mm²
Determinazione della resistenza a graffiti	ASTM D7089	Dopo 20 cicli di sporcamento 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 fonoassorbenza 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 al successivo **Paragrafo 12**.

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 lastra, 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 "Diffrattore acustico - Fornitura e posa in opera di dispositivo antidiffrattivo".
- G.05.034.b "Diffrattore acustico - Smontaggio diffrattore acustico".

7.1. Caratteristiche acustiche

Per il diffrattore 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 **diffrattore 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, del materiali fonoassorbenti e degli accessori di fissaggio, si rimanda alle indicazioni riportate, rispettivamente, nei **Paragrafi 1, 9, 10** e **11**.

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;
  - struttura di sostegno in acciaio zincato a caldo e verniciato, secondo le indicazioni riportate nel Paragrafo 10 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 ≥ 50x50 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 1 e 9 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 4.

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 10 e 11.

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 requisisti 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, diffratori, 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**: ≥ 70 kg/m^3 **Lana di vetro**: ≥ 40 kg/m^3 **Fibre di poliestere**: ≥ 30 kg/m^3
Grado di igroscopicità	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) Densità 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 4** 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	≥ 1.800 kg/m^3
Assorbimento igroscopico	UNI EN ISO 62	< 0,30%
Modulo elastico a trazione assiale	UNI EN ISO 527-4	≥ 23 GPa
Modulo elastico a trazione trasversale	UNI EN ISO 527-4	≥ 7 Gpa
Resistenza a rottura a trazione assiale	UNI EN ISO 527-4	≥ 240 Mpa
Resistenza a rottura a trazione trasversale	UNI EN ISO 527-4	≥ 50 Mpa
Modulo elastico a flessione	UNI EN 13706-2	≥ 23 Gpa
Resistenza a rottura a flessione assiale	UNI EN ISO 14125	≥ 240 Mpa
Resistenza a rottura a flessione trasversale	UNI EN ISO 14125	≥ 100 Mpa
Resistenza al taglio interlaminare assiale	UNI EN ISO 14130	≥ 25 Gpa
Rigidità dielettrica	CEI EN 60243	≥ 5 kV/mm
Resistività superficiale	UNI 4288	> 1 x 10^{12} Ω
Temperatura di lavoro	-----	da -40 °C a +100 °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 sporcamento 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	✓ 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	✓ 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	✓ ispezioni in officine/stabilimenti; ✓ certificazioni/attestazioni; ✓ campioni rappresentativi della fornitura da sottoporre a prove di laboratorio;
NOTA	*Se il Direttore Lavori riscontra che un qualsiasi materiale non sia adatto all'impiego DEVE chiederne la sostituzione.*

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 17 (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 contradditorio 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 **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.

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 sovrasollecitate.

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		✓ 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: ▪ Barriere antirumore: Insertion Loss (UNI 11022);
	CARATTERISTI-CHE NON ACUSTICHE	Prove di laboratorio su campioni per la verifica di: ▪ 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'avvenuta 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 inidonei, 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. Tel 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

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 dello stato della verniciatura e/o zincatura	3 anni	Ripristino verniciatura e/o zincatura
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

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 effettuato .....secondo 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)

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

dopo (5, 10, 15 e
0, 0, 0, -2 dB
-1, -2, -2, -3 dB

effettuata .....secondo 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)	Specifica tecnica armonizzata (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)

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

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 22
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 microsfere di vetro. 36
2.6.5 Sostanze pericolose 40
2.7 DISPOSITIVI RETRORIFLETTENTI INTEGRATIVI DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE 40
2.7.1 Caratteristiche prestazionali 41
2.7.2 Caratteristiche tecniche 42
2.7.3 Prove sugli inserti stradali catarifrangenti 44
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 microsfere 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 microsfere 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 54
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 61
3.4.2 Caratteristiche tecniche 65

3.5 STRUTTURE A PORTALE PER L'ALLESTIMENTO DEI SEGNALI VERTICALI PERMANENTI 65
3.5.1 Struttura a portale in acciaio 65
3.5.2 Struttura a portale in alluminio 66
3.5.3 Strutture tubolari 67
4 SEGNALETICA COMPLEMENTARE 68
4.1 DELINEATORI NORMALI 68
4.1.1 Caratteristiche prestazionali 68
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 114
11.1 SEGNALETICA ORIZZONTALE 114

11.2 SEGNALETICA VERTICALE 115
11.3 SEGNALETICA COMPLEMENTARE 116
12 APPENDICE 119
12.1 NORMATIVE E RIFERIMENTI 119
12.2 NORMATIVA SULLA SEGNALETICA ORIZZONTALE 122
12.3 NORMATIVA SULLA SEGNALETICA VERTICALE 123
12.4 NORME RELATIVE AI PANNELLI, AI SOSTEGNI E AI FISSAGGI DEI SEGNALI VERTICALI PERMANENTI. 124
12.5 NORMATIVA SULLA SEGNALETICA COMPLEMENTARE 124
12.6 NORMATIVA RELATIVA AI CANTIERI DI LAVORO STRADALI 125
12.7 PARAMETRI PRESTAZIONALI DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE 127
12.8 VERIFICA DEI REQUISITI PRESTAZIONALI DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE CON SISTEMI PUNTUALI 132
12.9 VERIFICA DEI REQUISITI PRESTAZIONALI DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE CON SISTEMI AD ALTO RENDIMENTO 136
12.10 VERIFICA DELLE CARATTERISTICHE PRESCRIZIONALI DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE 140
12.11 PROVE SULLE PITTURE A SOLVENTE 141
12.12 PROVE SULLE PITTURE TERMOPLASTICHE, SUI PRODOTTI PLASTICI A FREDDO E SUI PREFORMATI 147
12.12.1 Verifica delle caratteristiche prestazionali della segnaletica verticale 153
12.13 CARATTERISTICHE TECNICHE E PRESTAZIONI PER I SUPPORTI 156
12.13.1 I materiali 156
12.13.2 Spessori minimi 157
12.13.3 Tolleranze degli spessori 157
12.13.4 Dimensioni e tolleranze 157
12.13.5 Bordi de supporti 158
12.13.6 Colore dei supporti e prove di controllo delle caratteristiche 158
12.13.7 Canaletta e rinforzi 159
12.13.7.1 Canaletta semplice 159

12.13.7.2 Rinforzo semplice 160
12.13.7.3 Rinforzo speciale 160
12.13.7.4 Spessori di canalette e rinforzi 161
12.13.8 Costruzione dei segnali da assemblare in più pezzi 161
12.13.9 Condizioni per l'applicazione delle diverse tipologie di attacchi 161
12.13.10 Caratteristiche prestazionali dei sostegni 162
12.13.11 Verifiche prestazionali dei delineatori normali 162
12.14 DELINEATORI – PROVE DI LABORATORIO 162
12.14.1 Verifiche prestazionali dei dispositivi rifrangenti 164
13 GLOSSARIO 168

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 prescrizionali 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 sulle 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)	≥ 0,50	-
	Segnaletica gialla asciutta	(B3)	≥ 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 clorocaucciù – resine acriliche), da solventi (sopratutto toluene, esteri, chetoni e acetati), da cariche, pigmenti e microsfere (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 stesa 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 microsfere di vetro di granulometria media (granulometrie configurabili nei seguenti intervalli: 125 ÷ 600, 300 ÷ 600 oppure 125 ÷ 850 micron). In merito alle caratteristiche prestazionali delle microsfere di vetro da premiscelare e da post-spruzzare, si veda il paragrafo 2.6 del presente Capitolato. Durante l'applicazione delle microsfere di vetro postspruzzate si dovrà limitare l'azione di quegli elementi perturbatori che influiscono sul grado d'affondamento delle microsfere, quali il vento, l'elevata umidità, l'alta temperatura e il periodo intercorrente tra l'applicazione della pittura e la postspruzzatura delle microsfere di vetro. Sarà d'obbligo quindi proteggere dal vento il sistema d'applicazione delle microsfere di vetro in fase di postspruzzatura e ridurre al minimo il periodo intercorrente tra l'applicazione della pittura e l'applicazione delle microsfere di vetro. Inoltre, in fase d'applicazione, bisognerà evitare i sovradosaggi che tendono a ingrigire 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

La 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	≥ 1,2 ÷ ≤ 1,5	m2/kg	
Densità (Massa volumica)	≥ 1,7	kg/l (± 0,1 kg/l)	ASTM D 1475
Aggiunta di diluente	≤ 4	% in peso	-
Tempo di essiccamento	≤ 30	Minuti primi	ASTM D 711

Viscosità	≥ 70 ÷ ≤ 90	Unità Krebs (± 5 UK)	ASTM D 562
Contenuto di materie non volatili	≥ 70 ÷ ≤ 85	% in peso	ASTM D 1644
Contenuto di pigmenti e cariche	≥ 35 ÷ ≤ 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 rinfrangente 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	
Visibilità notturna (R_L) per la segnaletica di colore bianco e giallo	In condizioni asciutte	(R3)	≥ 150	mcd lux^{-1}m^{-2}
	In condizioni asciutte: giallo**	(R5)	≥ 300	
	In condizioni di bagnato	(RW2)	≥ 35	
	In condizioni di pioggia	(RR1)	≥ 25	
Visibilità diurna (Q_d)	Segnaletica bianca asciutta	(Q3)	≥ 130	mcd lux^{-1}m^{-2}
	Segnaletica gialla asciutta	(Q2)	≥ 100	
Resistenza al derapaggio	Segnaletica bagnata	(S1)	≥ 45	SRT
Fattore di luminanza (β)	Segnaletica bianca asciutta	(B4)	≥ 0,50	-
	Segnaletica gialla asciutta	(B3)	≥ 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'infiammabilità. 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 microsfere di vetro di granulometria media *(granulometrie configurabili nei seguenti intervalli: 125 ÷ 600, 300 ÷ 600 oppure 125 ÷ 850 micron)*. Le microsfere 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* dovranno 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 ~~6~~ 2.6 del presente Capitolato.

Le microsfere di vetro postspruzzate svolgano 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 ≥ 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	≥ 1,0 ÷ ≤ 2,0	m^2/kg	
Densità	≥ 1,7	kg/l (± 0,1 kg/l)	ASTM D 1475
Aggiunta di diluente	≤ 3	% in peso	-
Tempo di essiccamento (15÷40 °C – UR ≤ 70%)	≤ 30	Minuti primi	ASTM D 711
Viscosità	≥ 75 ÷ ≤ 95	Unità Krebs (± 3 UK)	ASTM D 562
Contenuto di materie non volatili	≥ 70 ÷ ≤ 85	% in peso	ASTM D 1644
Contenuto di pigmenti e cariche	≥ 35 ÷ ≤ 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 PRESTAZIONE	VALORI MINIMI	
Visibilità notturna (R_L) per la segnaletica di colore bianco e giallo	In condizioni asciutte	(R3)	≥ 150	mcd lux^{-1}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	mcd lux^{-1}m^{-2}
	Segnaletica gialla asciutta	(Q3)	≥ 100	
Resistenza al derapaggio***	Segnaletica bagnata	(S2)	≥ 50	SRT
Fattore di luminanza (β)	Segnaletica bianca asciutta	(B5)	≥ 0,60	-
	Segnaletica gialla asciutta	(B3)	≥ 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 microsfere di vetro premiscelate devono avere buona trasparenza, per almeno l'80%, ed essere regolari (sferiche) e prive di incrinature; il loro diametro può essere compreso tra mm 0,2 e mm 0,8.

In merito alle caratteristiche prestazionali delle microsfere 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 più 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 più 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'irregolarità nelle prestazioni del materiale termoplastico è 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 più importanti quando si utilizzano i materiali termoplastici per realizzare la segnaletica orizzontale. Il materiale termoplastico è 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 è abbastanza spessa, il materiale sulla pavimentazione non tratterrà il calore abbastanza a lungo perché 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 perciò condizioneranno negativamente l'adesione.

In fase di applicazione del prodotto, se l'umidità relativa è ≥ 70% e/o la superficie stradale si presenta umida, la DL può 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/m²
	Interventi di ripasso	1,8 kg/m²
Tappeto drenante *	Stesa su pavimentazione nuova	3,0 kg/m²
	Interventi di ripasso	1,8 kg/m²
Tutte le tipologie	Tutte le tipologie di intervento finalizzate alla stesa di segnaletica termocolata profilata (rumorosa)	4,0 kg/m²

* 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/m^2.

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	mcd lux^{-1}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	mcd lux^{-1}m^{-2}
	Segnaletica gialla asciutta	(Q2)	≥ 100	
Resistenza al derapaggio***	Segnaletica bagnata	(S2)	≥ 50	SRT

Fattore di luminanza (β)	Segnaletica bianca asciutta	(B5)	≥ 0,60	-
	Segnaletica gialla asciutta	(B3)	≥ 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

2.4.2 Caratteristiche fisico-chimiche

Questo prodotto è 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 microsfere di vetro che, immerse al 60% del loro diametro nel materiale, consentono la retroriflessione in condizioni di guida notturna;
- il secondo componente è 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 è catalizzato diventa un prodotto non pericoloso.

Inoltre, la perdita di sostanze volatili è dell'ordine dell'1%. Il tempo di essiccazione del bicomponente è di 20 minuti. La sua durata, dopo l'applicazione, è 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 microsfere di vetro da premiscelare e da post-spruzzare, 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 ≥ 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	Nessuna modifica rispetto alle condizioni originali del prodotto dopo 30 giorni in	UNI EN 1871 Appendice B

	pigmento e facilità di rimiscelazione	stufa a 45 ° C e dopo 100.000 colpi con l'apparecchio compattatore	
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 quantità 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	
Visibilità notturna (R_L) per la segnaletica di colore bianco e giallo	In condizioni asciutte	(R3)	≥ 150	mcd lux^{-1}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	mcd lux^{-1}m^{-2}
	Segnaletica gialla asciutta	(Q2)	≥ 100	
Resistenza al derapaggio***	Segnaletica bagnata	(S3)	≥ 50	SRT
Fattore di luminanza (β)	Segnaletica bianca asciutta	(B5)	≥ 0,60	-
	Segnaletica gialla asciutta	(B3)	≥ 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 microsfere 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 microsfere 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 microsfere 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 esposte nella Tabella n. 10, per i prodotti preformati realizzati in fabbrica, la norma di riferimento contempla fra i requisiti aggiuntivi:

- l'asportabilità;
- la resistenza ai raggi UV.

L'asportabilità consente di verificare solo su strada (non è consentita la prova in laboratorio) se il materiale è 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 durabilità che può essere realizzata su strada, in base alla norma UNI EN 1824, ovvero può 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 è 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 autenticità della partita fornita e sono basati sulle seguenti analisi:

- analisi termogravimetrica (TGA);
- spettroscopia FT-IR del residuo TGA;
- spettroscopia FT-IR ATR (riflettenza totale attenuata) dello strato adesivo.

A tali analisi è aggiunta, a conferma della autenticità 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 sarà costituito da un laminato elastoplastico, autoadesivo, rimovibile per utilizzo permanente o temporaneo con polimeri di alta qualità, contenente una dispersione di microgranuli di speciale materiale ad elevato potere antisdrucciolo e di microsfere ad alto indice di rifrazione tale da conferire al laminato stesso ottime proprietà retroriflettenti.

La resina poliuretanica presente nella parte superiore del prodotto dovrà assicurare un perfetto e durevole ancoraggio delle microsfere e delle particelle antiscivolo.

Il laminato dovrà 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 rimovibilità del laminato dalla pavimentazione.

Il colore giallo sarà ottenuto utilizzando esclusivamente pigmenti privi di cromo, cadmio e piombo. Detto laminato dovrà 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 dovrà 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 qualità, 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 è predisposto in fabbrica, non contiene piombo e altri pigmenti considerati nocivi, contiene i minerali riempitivi e le microsfere di vetro di vetro premiscelate. Il processo di installazione è semplice: le strisce sono stese sul supporto ed il calore è applicato sulla loro superficie esposta. Il prodotto segnaletico, rispetto all'omologo dispositivo autoadesivo, presenta una maggiore durabilità e meno problemi come le distorsioni del nastro dovute al traffico e le premature perdite di retroriflessione. Particolare cura dovrà essere posta, nella fase di applicazione del prodotto, sulla pulizia della superficie di applicazione. Tale superficie dovrà 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 m*ateriale 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.~~3~~ 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*	≥ 1,5	Metodo dell'immersione con illuminazione obliqua	UNI EN 1423 Appendice A
Contenuto di microsfere di vetro difettose	≤ 20 % (microsfere difettose); ≤ 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 frammenti di vetro

(denominati "grani di vetro"), e presenta la proprietà di essere trasparente come le microsfere di vetro, con superficie liscia (concoidale) 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 visibilità notturna 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 spartitraffico 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 ≥ 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 ≤ 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;
- quantità di prodotto da postspruzzare.

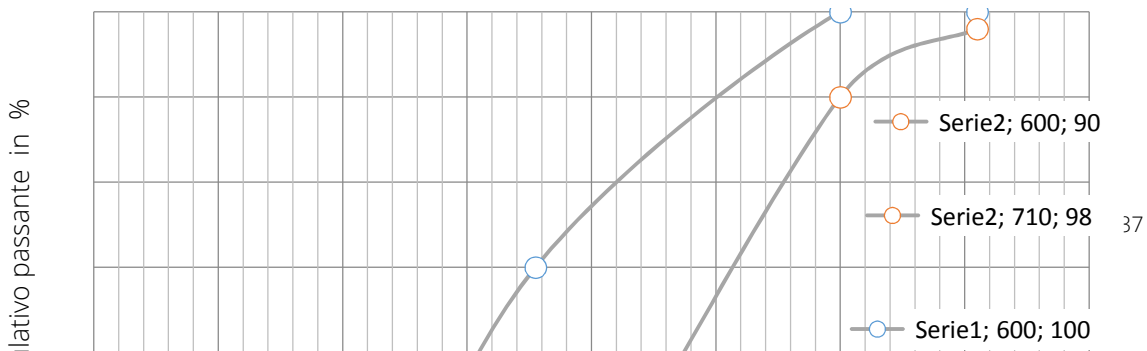
Come accennato, si ha una retroriflessione accettabile quando il grado d'affondamento delle microsfere di vetro nel prodotto segnaletico è compreso tra il 55 e il 60% del loro diametro. In base a tale considerazione, ne consegue che la conoscenza dello spessore finale del prodotto segnaletico steso è 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 più a lungo possibile.

La quantità di prodotto da postspruzzare è 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 è 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, è 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 visibilità 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 microsfere 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 microsfere di vetro da premiscelare, usualmente utilizzate nelle pitture a solvente organico, la granulometria di riferimento è riportata nella seguente tabella:

Tabella 15 : Granulometria delle microsfere 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)	
Luce 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

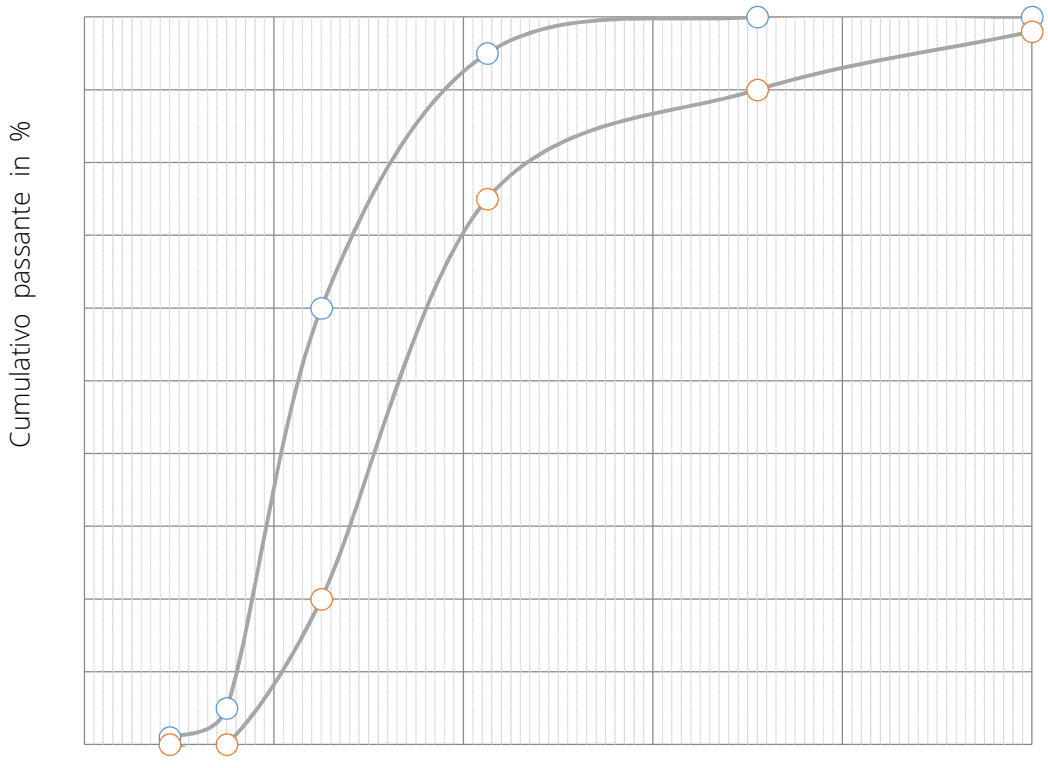


Grafico 2 – Fuso granulome da postspruzzare, trasparenti e non trasparenti, costruito sulla base degli esempi 3 e 5 (710 -150 micron) – prospetto 10 della UNI EN 1423 – Tabella 16 del Capitolato

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)
± 15°	2°	2	2,5	1,5
± 10°	1°	10	25	10
± 5°	0,3°	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	≥ 0,75
Giallo	0,522	0,47	0,470	0,440	0,427	0,483	0,465	0,534	≥ 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 può essere autoadesivo, incollato, ancorato e incassato sulla pavimentazione stradale. Può essere rigido (non a depressione (A)), cioè progettato per non deformarsi al passaggio del traffico e può essere a depressione (B) quando recupera la geometria originaria, non essendo più sottoposto al carico dovuto al traffico.

L'inserto può essere temporaneo (T), quando utilizzato nei cantieri stradali, ovvero permanente (P) con la funzione di rafforzare la visibilità 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 durabilità (la durata in servizio) di ogni inserto stradale catarifrangente è direttamente proporzionale alla forza di adesione fra il materiale che lo lega al substrato e la pavimentazione. Idealmente la forza di adesione dovrà 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 durabilità del dispositivo, è necessario una preparazione del supporto in cui sarà collocato l'inserto. Tale preparazione è 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 è il fattore più importante, determinante per la durabilità dell'inserto stradale catarifrangente. I maggiori fattori che influenzano l'adesione alla pavimentazione sono:

- le proprietà dell'agente legante;
- il tipo di pavimentazione;
- la temperatura in cui avviene l'operazione di posa;
- le modalità 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 proprietà reologiche (viscosità) 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.02.0040Posa in opera di segnaletica stradale su paletti esistenti
- H.02.0045Rimozione 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 microsfere di vetro di classe RA1 e RA2 e materiale retroriflettente realizzato con tecnologia a microprismi

Visibilità 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, cioè 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 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. Per tale norma la data in cui è terminata la coesistenza con le norme e i regolamenti nazionali, inerenti o contraddittori, è stata il 31/12/2012.

Dal 1 gennaio 2013 le prestazione visive e quelle tecnologiche, previste per i segnali verticali permanenti realizzati con materiale retroriflettente a faccia vista che utilizza le microsfere 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, 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 le specifiche di prestazione contenute nella Valutazione Tecnica Europea, cioè *"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 microsfere sono disponibili anche le pellicole a microprismi, corrispondenti alle classi 1 e 2 (a normale e ad alta risposta luminosa), così come classificate nel Disciplinare Tecnico del MIT del 31/03/1995. Tali pellicole, insieme alle pellicole a microsfere, 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 colorimetriche 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	
						Pellicole	
		1	2	3	4	Classe RA1	Classe RA2
Bianco	x	0,355	0,305	0,285	0,335	≥ 0,35	≥ 0,27
	y	0,355	0,305	0,325	0,375		
Giallo (RA1)	X	0,522	0,470	0,427	0,335	≥ 0,27	
	y	0,477	0,440	0,483	0,465		
Giallo (RA2)	x	0,545	0,487	0,427	0,465		≥ 0,16
	y	0,454	0,423	0,483	0,534		
Arancio	x	0,610	0,535	0,506	0,570	≥ 0,17	≥ 0,14
	y	0,390	0,375	0,404	0,429		
Rosso	x	0,735	0,674	0,569	0,655	≥ 0,05	≥ 0,03
	y	0,265	0,236	0,341	0,345		
Blu	x	0,078	0,150	0,210	0,137	≥ 0,01	≥ 0,01
	y	0,171	0,220	0,160	0,038		
Verde	x	0,007	0,248	0,177	0,026	≥ 0,04	≥ 0,03
	y	0,703	0,409	0,362	0,399		
Marrone	x	0,455	0,523	0,479	0,558	0,03 ≤ β ≤ 0,09	
	y	0,397	0,429	0,373	0,394		
Grigio	x	0,350	0,300	0,285	0,335	0,12 ≤ β ≤ 0,18	
	y	0,360	0,310	0,325	0,375		
Nero	-	-	-	-	-	β ≤ 0,03	

Visibilità notturna dei segnali verticali (*Coefficiente di retroriflessione R_N*). Per la misura della visibilità notturna dei segnali verticali, il cui materiale retroriflettente della faccia a vista sono microsfere 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, è 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 " *può essere utilizzata anche la classe inferiore RA1 (v. prospetto 3 della norma armonizzata), ma solo limitatamente ai casi in cui ciò è 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 più recente della UNI 11480, integra tale indicazione, contemplando tra le varie tipologie di pellicole, a microsfere 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 microsfere 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 velocità locale prescritta;
- l'illuminazione esterna;
- le caratteristiche climatiche;
- il posizionamento del segnale in relazione alle condizioni orografiche o planoaltimetriche dell'itinerario stradale.

Tabella 25: Coefficiente di retroriflessione RA (unità: cd lx-1 m-2) - Classe RA1

Angoli di misura	Colori

Osserva-zione α	Illumina-zione β1	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 microsfere 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 microsfere, sono classificate "RA2".

Tabella 26: Coefficiente di retroriflessione RA (unità: cd lx-1 m-2) - Classe RA2

Angoli di misura		Colori							
Osserva-zione α	Illumina-zione β1	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 microsfere 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 RA 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 RA (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 α	Illuminazione β1	Bianco	Giallo	Rosso	Verde	Blu	Marrone	Arancio	Grigio
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							
Osserva-zione α	Illumina-zione β1	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 RA (unità: cd lx-1 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 β1	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 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 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. ~~31~~ 30.

Tabella-30: Coefficiente di retroriflessione RA (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 β1	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 rappresentano 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	≥ 0,38
	y	0,424	0,442	0,520	0,491	
Arancio	x	0,595	0,645	0,570	0,531	≥ 0,25
	y	0,351	0,355	0,429	0,414	
Giallo Verde	x	0,387	0,460	0,438	0,376	≥ 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 RA (unità: cd lx-1 m-2) dei materiali fluoro-rifrangenti di livello prestazionale superiore

Angoli di misura		Colori fluoro-rifrangenti		
Osservazione α	Illuminazione β1	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 le 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 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 ~~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 RA (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 β1	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 WL7*	Acciaio e Alluminio o altri materiali di cui al prospetto 7 della UNI EN 12899-1 con i relativi valori di γ_m
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 ≤ 3 m^2 di 15 ± 3mm, per quelli > 3 m^2 l'altezza deve essere di 20 ± 3mm.
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 zincatura 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 *(Prospetto 15 della UNI EN 12899-1).* 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 mutuate 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 Rck = 250 kg/cmq 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 sopportare 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	≥ 0,75
Nero*	0,385	0,355	0,300	0,270	0,260	0,310	0,345	0,395	≥ 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%	≤ 5%	≤ 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/m^2 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, può 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 e stata applicata;

- numero del certificato di conformità 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 (cioè EN 12899-3).

Nei documenti commerciali d'accompagnamento:

- tutte le informazioni relative al prodotto o all'imballaggio;
- identificazione del tipo di prodotto in conformità 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 conformità/dichiarazione di prestazione CE.

In fase di fornitura dei materiali (a piè d'opera), prima dell'installazione degli stessi, l'Appaltatore dovrà 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 spaziati 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 più 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 pellicola 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 sarà 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 cd lx^{-1} m^{-2}	Coefficiente di retroriflessione RA cd lx^{-1} 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 *	Durabilità
Il dispositivi 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 è 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 ≥ 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 ≥ 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 qualità;
- 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'inserto 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 modalità:

a) nelle strade a carreggiate a senso unico:

- nel delineatore di destra, dovrà apparire un solo dispositivo di colore giallo della superficie minima rifrangente di 60 cm^2;
- 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 cm^2;

-

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 cm^2.

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 armonizzata 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 costituenti 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";
- "Inserti 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 conformità dei materiali e dei sistemi proposti ai requisiti minimi prestazionali specificati.

All'Impresa aggiudicataria, a **garanzia della conformità** dei campioni stessi alle norme prescritte, sarà 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 dovrà, 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 qualità del fornitore** del prodotto fornito, non lo esime in alcun modo dalle responsabilità dirette verso ANAS in merito alla qualità del prodotto stesso.

5.4 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 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 più 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 più 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 può 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 può 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 attività alle indicazioni ivi prescritte.
In caso di manutenzione ordinaria, il Progetto di segnalamento, predisposto dall'Ente committente sarà 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 più 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'incidentalità 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 viabilità extraurbana a livello delle Nuove Provincie o della Città Metropolitana; i piani urbani del traffico e i piani urbani di mobilità 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.
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)

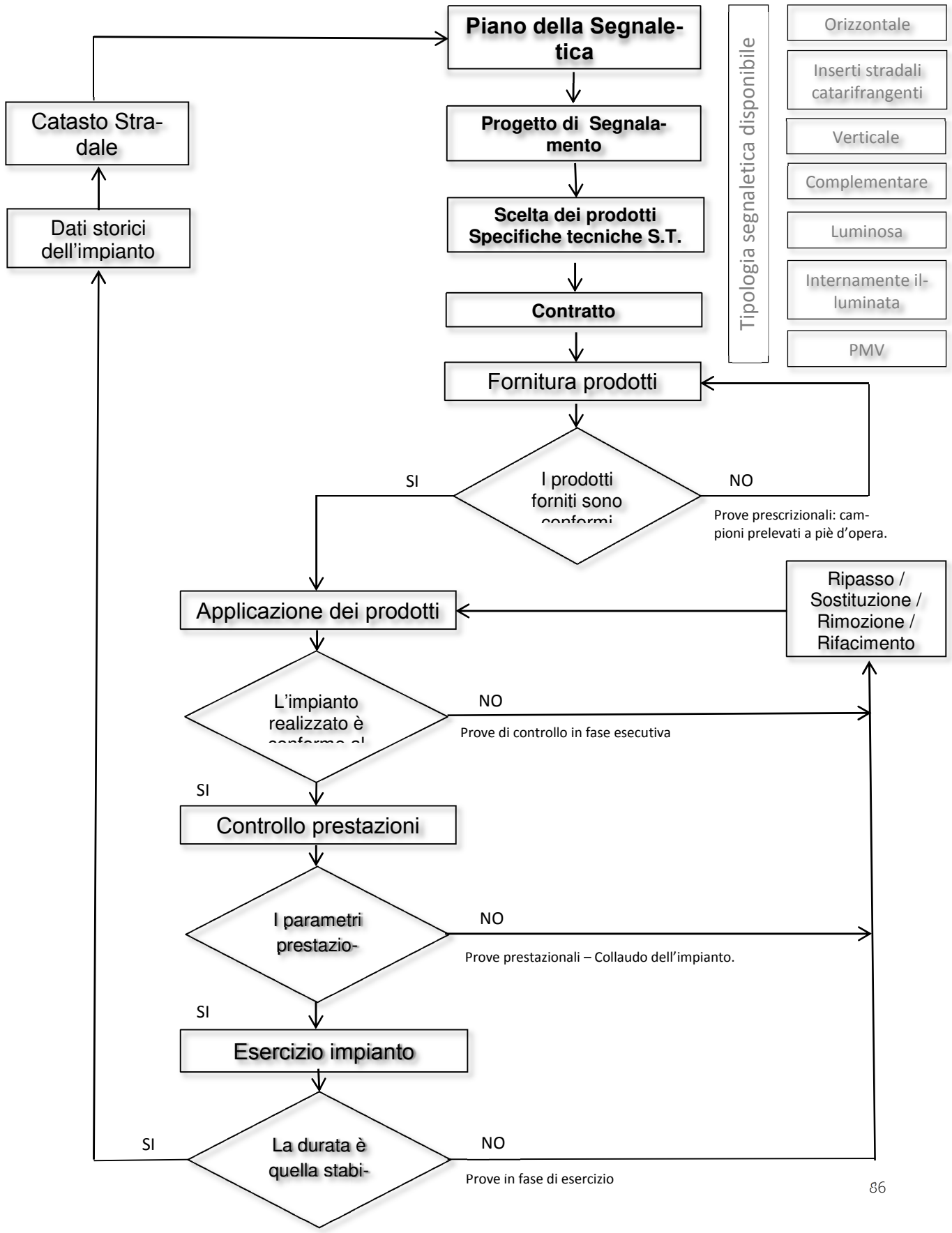

Piano della Segnale-tica
Progetto di Segnala-mento
Scelta dei prodotti Specifiche tecniche S.T.
Contratto
Fornitura prodotti
I prodotti forniti sono conformi
SI
NO
Prove prescrizionali: cam-pioni prelevati a piè d'opera.
Applicazione dei prodotti
Ripasso / Sostituzione / Rimozione / Rifacimento
L'impianto realizzato è
NO
Prove di controllo in fase esecutiva
SI
Controllo prestazioni
I parametri prestazio-
NO
Prove prestazionali – Collaudo dell'impianto.
SI
Esercizio impianto
La durata è quella stabi-
SI
NO
Prove in fase di esercizio
Catasto Stra-dale
Dati storici dell'impianto
Tipologia segnaletica disponibile
Orizzontale
Inserti stradali catarifrangenti
Verticale
Complementare
Luminosa
Internamente il-luminata
PMV

Figura 1: diagramma sintetico afferente le varie fasi di realizzazione della segnaletica stradale

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 ~~16~~ 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 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. 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.

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 approvvigionati 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 norma 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 punto, 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 norma 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 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. 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 refroriflettenti 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 fluoro-rifrangenti;
- 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 dovrà 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.

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 qualità 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 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 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 TiO_2 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.

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 zebrature, 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 circoscrive ciascuna lettera.

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.

Segnaletica complementare

La valutazione della segnaletica complementare sarà effettuata a numero secondo quanto indicato nei singoli articoli d'elenco.

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.

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.

Casseforme

Le casseforme, salvo diversa indicazione negli articoli di elenco, sono comprese nel prezzo dei conglomerati cementizi sia ordinari sia armati.

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 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 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.

-

Profilati e manufatti in acciaio

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.

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.

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.

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 graffiti. 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.

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.

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
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	Sciacquare con acqua evitando getti con pressione eccessiva, 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
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

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.

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.

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.

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
Inserti 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 angolo di incidenza di 0,3° e ad un angolo di illuminazione di ± 5°, 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_A, 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 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.

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), sarà 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, nonché per evitare danni a beni pubblici e privati. Inoltre, l'impresa è 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 dovrà rispettare il regolamento, emanato con il predetto Decreto, che individua le procedure di revisione, integrazione e apposizione della segnaletica stradale destinata alle attività lavorative che si svolgano in presenza di traffico veicolare.

Le imprese appaltatrici, esecutrici o affidatarie, nelle attività 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 dà evidenza nei propri documenti della sicurezza.

Il presente Capitolato Tecnico, relativamente ai prodotti e dispositivi utilizzati, è 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 è inserita una terza tipologia, le cosiddette norme coperte da Mandato della Commissione Europea (norme armonizzate) che spostano l'attività 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 dovrà operare in regime di qualità, 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 *(i laboratori di prova, di calibratura e gli organismi di ispezione e di certificazione conformi alle norme europee applicabili)*, garantisce la qualità dei prodotti o dei dispositivi che possono essere liberamente commercializzati ed ogni vincolo di carattere tecnico o burocratico adottato da singoli paesi membri può 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 è 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 è 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)* è 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 modalità 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 più recente UNI EN 12802 del 2011 indicano le proprietà 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 più idonei per ottenere dei campioni rappresentativi per i principali tipi di prodotti, cioè pittura, materiali plastici

a freddo, materiali termoplastici, microsfere di vetro da premiscelare, materiali da postspruzzare, materiali preformati per segnaletica orizzontale e inserti stradali catarifrangenti.

La norma più 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 II. 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 II. 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 II. 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 II. 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/profili_di_rischio/Cantieri_stradali/index.asp

URL 3: https://appsricercascientifica.inail.it/profili_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	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	$mcd\ m^{-2}lx^{-1}$	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	-	□	□	-	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	$mcd\ m^{-2}lx^{-1}$	R_L	R	NP D*	80	100	150	200	300	-
	Retroriflessione in condizioni di bagnato	$mcd\ m^{-2}lx^{-1}$	R_W	R W	NP D*	25	35	50	75	100	150
	Retroriflessione in condizioni di pioggia	$mcd\ m^{-2}lx^{-1}$	R_R	RR	NP D*	25	35	50	75	100	150
Aderenza											
	Resistenza al derapaggio	-	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 rappresentano 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 le strumentazione ad alto rendimento consentono 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 mcd m^{-2} 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 ≥ 130 mcd m^{-2} 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: β ≥ 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: β ≥ 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 re-

troriflessa RL, espressa in mcd m^{-2} 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 ≥ 150 mcd m^{-2} lx^{-1}, corrispondente alla classe prestazionale R3;

la *segnaletica termoplastica, plastica a freddo e preformata* deve rispettare il seguente valore minimo di RL: RL ≥ 200 mcd m^{-2} 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 ≥ 35 mcd m^{-2} 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 ≥ 25 mcd m^{-2} 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 ≥ 50 mcd m^{-2} 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 ≥ 35 mcd m^{-2} 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 prestazione 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
	x	0.494	0.545	0.465	0.427

Segnaletica orizzontale gialla classe Y2	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.					

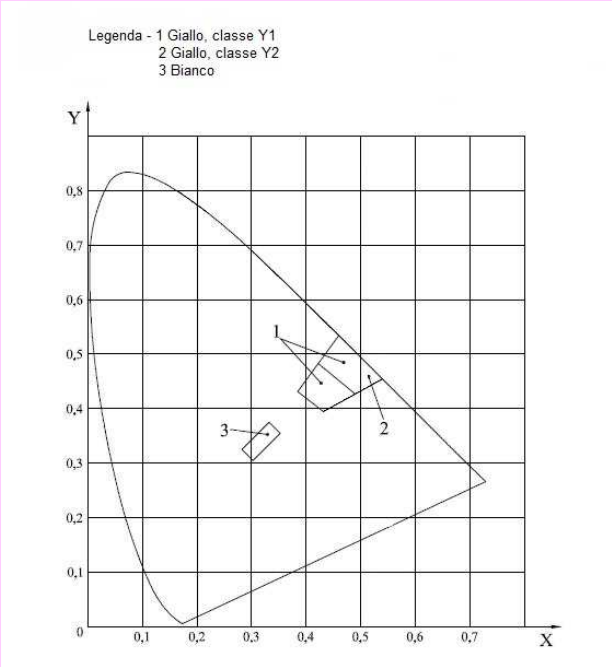


Grafico 3 – Box cromatici del bianco e del giallo per segnaletica stradale orizzontale

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 ≥ 50, corrispondente alla classe S2.

La segnaletica termoplastica, plastica a freddo e preformata deve rispettare il seguente valore minimo di SRT:

SRT ≥ 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:

$Qd = L/E$ unità: mcd m^{-2} 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 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.

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°/0°, ossia con illuminazione a 45°±5° e misurazione a 0°±10°. 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 applicata 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:

$RL = L/E^{\perp}$ unità: mcd m^{-2} 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°. 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°. L'apertura angolare totale delle direzioni di illuminazione non deve essere maggiore di 0,33° sul piano parallelo al piano dell'area di misurazione del segnale orizzontale e di 0,17° 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 $cd \cdot m^{-2}$ 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 capacità 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 sarà dato dalla media di minimo tre letture. Per ogni lettera, il valore di retroriflessione sarà dato dalla media di minimo tre letture. Per ogni striscia trasversale, il valore di retroriflessione sarà dato dalla media di minimo quindici letture. Per ogni freccia direzionale sulla piattaforma, il valore di retroriflessione sarà 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 è costituita da un pendolo oscillante provvisto di un cursore di gomma all'estremità libera. Viene misurata la perdita di energia causata dall'attrito del cursore su una lunghezza specificata della superficie stradale. Il risultato è espresso in unità 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 velocità sostenuta, almeno dopo 30 giorni dall'applicazione dei prodotti segnaletici, 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.

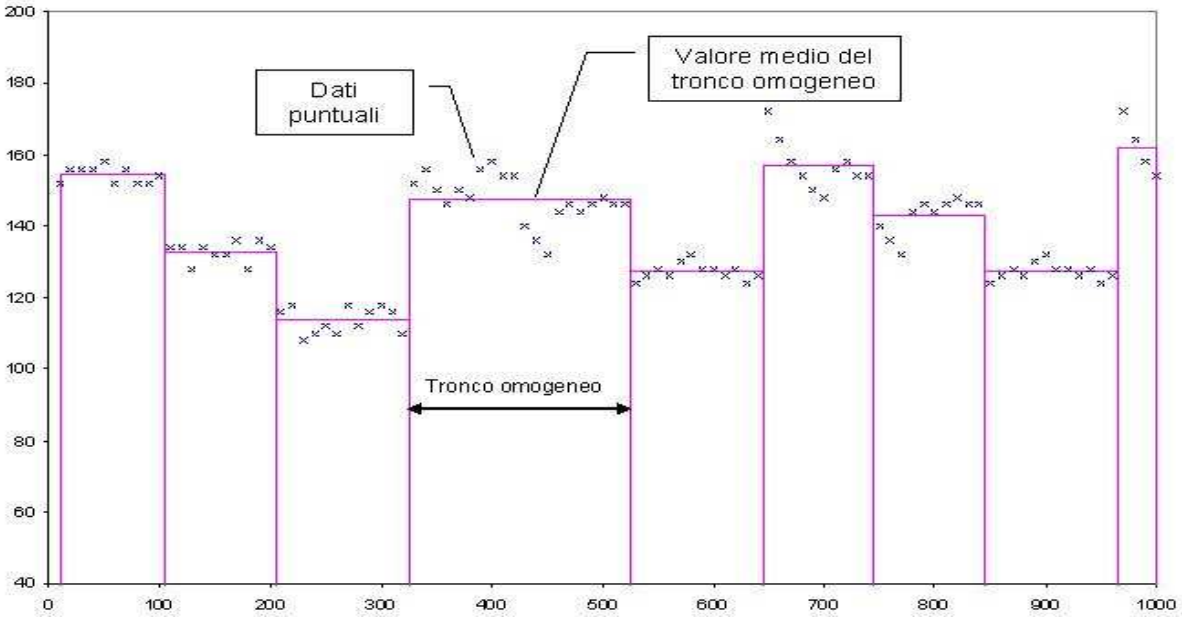


Figura 2 – Diagramma individuazione "tronchi omogenei"

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	: $mcd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$
2.4 Frequenza di campionamento	: $50 \cdot m$ (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 dovrà 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 qualità per la visibilità della segnaletica orizzontale), saranno 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. 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

Criteri di accettazione della segnaletica orizzontale esistente. Per i lavori di manutenzione della segnaletica orizzontale, per tutto il periodo contrattuale, la segnaletica dovrà mantenere livelli prestabiliti in termini di retro riflessione, visibilità diurna, fattore di luminanza, colore e scivolosità (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 qualità per la visibilità della segnaletica orizzontale*), saranno

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
Inserti 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 ° ± 0.1° 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 m^2/kg

(la resa deve essere compresa tra 1.2 e 1.5 m^2/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 Yn rilevato sul film che copre l'area nera del supporto e il valore di Yb 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 microsfere 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 (λ = 410 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 pretarata 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 ± 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 microsfere 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 scoprimento 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 abradere 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 lattigginose;
- 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 temoigrometrico, 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

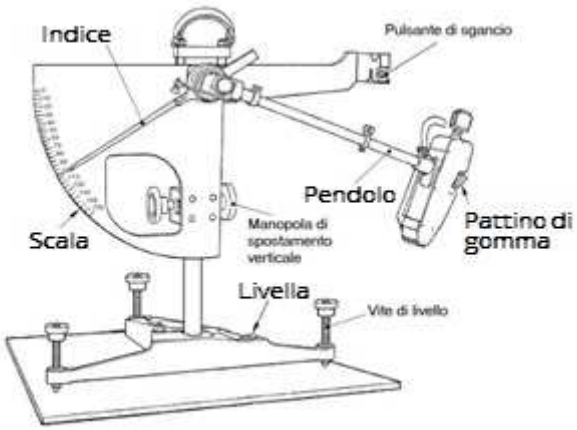
Pitture e prodotti plastici a freddo - Determinazione del colore e del fattore di luminanza:

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 microsfere di vetro premiscelate, lo spessore del film corrisponde alla resa di 1 kg/m^2.



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 recipienti 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 microsfere.

Termoplastici: determinazione del colore e del fattore di luminanza:

principio: l'appendice A della norma, tralascia 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 grado 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'analoga 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 cm^2 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:

rincipio:

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.

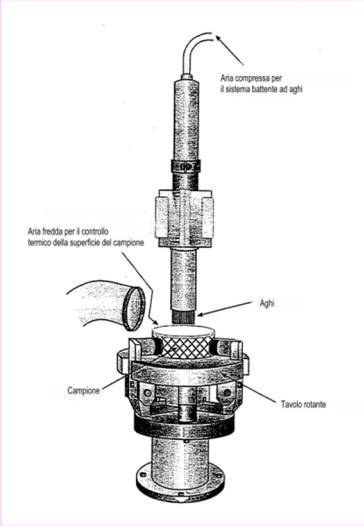


Figura 3 – Apparecchiatura per determinare la resistenza all'usura secondo il metodo Tröger (EN 1871).

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 °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.

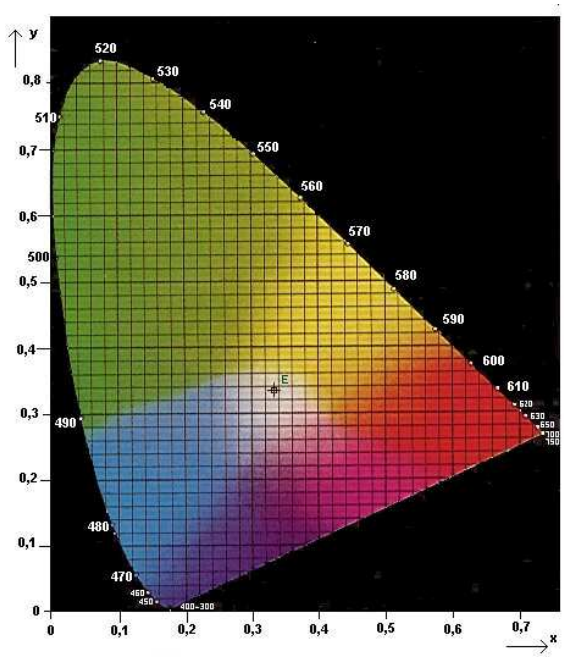


Figura 4 – Diagramma cromatico CIE 1931

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 (RA) 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 al requisiti prescritti per le prestazioni visive della pellicola retroriflettente. Quando sottoposte alla misura del RA 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 microsfere, 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 presenta 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 punto 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 ≥ 10 mm supporti inferiore a 3 m^2
- R ≥ 40 mm supporti superiore a 3 m^2
- 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 dovrà:

- · 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 dovrà 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 facilità di montaggio il rinforzo speciale e la traversa non dovranno avere interassi fissi, dovrà 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 più 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 unità 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 più 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 dovrà essere costruito in più 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 dimensione 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 (TiO_2) 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 (Visibilità diurna) e fattore di luminanza

Le misurazioni devono essere effettuate su tre delineatori di margine, in conformità 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 ≥ 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'avvenuto 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'avvenuto 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 prismino più idoneo è quello a forma esagonale e non a spigolo cubico. L'uso del prismino 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 ± 2) °C e (23 ± 2) °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 superlicie retroriflettente (eccetto I fori e le giunzioni), con e 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± 2 °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 ± 2) °C e con un'umidità relativa pari a (70 ± 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 ± 2) °C. Raffreddare l'acqua del secondo bicchiere ad una temperature costante di (5 ±2) °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 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 conformità ad un metodo di riferimento .

Adesivo: Sostanza utilizzata per legare il materiale preformato per segnaletica orizzontale al supporto, la cui applicazione può richiedere l'utilizzo di calore [UNI EN 1790:2013, punto 3.3]

Asportabilità: 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 è rispondente a tutti i requisiti prestazionali inizialmente specificati dalle autorità stradali competenti [UNI EN 1436:2008, punto 3.5].

Granuli antiderapanti: Granuli duri di origine naturale o artificiale, utilizzati per conferire proprietà 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 può comprendere o meno microsfere 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 questo 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 microsfere, 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]

Microsfere 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 insolubile colorate) e le cariche opacizzanti e che, una volta steso, produce una pellicola trasparente o traslucida che lascia intravvedere 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 * 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'unità d'intensità luminosa è la candela (cd). Per ragioni storiche la candela è l'unità di base fotometrica.

Unità : 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'unità d'illuminazione è il lux (lx) *(Grandezza scalare)*.

Unità : $lx = lm/m^2$

Luminanza *(in una direzione data e in un punto dato di una superficie)* (L) - Quoziente tra l'intensità luminosa nella direzione assegnata e l'area entro cui è 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 è uguale ad 1.

La luminanza è definita dalla formula:

$L = d\Phi / dA*\cos\theta * d\Omega$

dove:

$d\Phi$ = flusso luminoso trasmesso o rinviato attraverso un fascio elementare e passante per il punto dato che si propaga nell'angolo solido $d\Omega$ contenente la direzione data;

dA = è 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'unità di luminanza si esprime in $cd*m^{-2}$ *(grandezza vettoriale)*.

Unità : cd / m^2

Valore riflettometrico (R') - Valore misurato per mezzo di un retroriflettometro particolare.

Nota: Il retroriflettometro impiegato dovrà essere specificato. Il valore retroriflettometrico misurato dipende dalle caratteristiche geometriche del retroriflettometro, dall'illuminante, dalla sensibilità spettrale del recettore (tenuto conto anche degli eventuali filtri) e dal campione di riferimento utilizzato.

Coefficiente di intensità luminosa *(misura utilizzata per qualificare i retroriflettori puntuali)* (R) - Quoziente dell'intensità 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 * m^2

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) - R*apporto 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/m2)/lx

Unità di misura: cd / m^2 * 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.

Qd = L / E = (cd/m2)/lx

Unità di misura: cd / m^2 * 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: β=Lv/Lv, n=Y/100

dove

Lv = luminanza del colore considerato;

Lv,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(λ))

Rapporto tra il flusso energetico di lunghezza d'onda λm 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 λm è scelto affinché il valore massimo del rapporto sia eguale a 1.

V (λ) è la funzione che esprime il fattore spettrale di visibilità in visione fotopica;

V′ (λ) 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 tricromatriche - 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(λ) per la visione fotopica e V′(λ) per la visione scotopica (845-01-23 – Osservatore fotometrico CIE: Osserva-

tore ideale la cui curva di sensibilità spettrale relativa è conforme alla funzione per la visione fotopica e V'(λ) 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 steradiante.
Φ	Flusso luminoso	lumen	lm	4πI	4π steradianti 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	nt 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 osservazione 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

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 16
3.4 PRODOTTI FITOSANITARI 17
3.5 PALI DI SOSTEGNO, ANCORAGGI E LEGATURE 17
3.6 ACQUA PER IRRIGAZIONE 18
3.7 MATERIALE PER IRRIGAZIONE 18
3.8 MATERIALE DI RIVESTIMENTO SCARPATE: GEORETE, BIOSTUOIE, STUOIE SINTETICHE, ECC 18
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 21
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 25
5 ACCETTAZIONE E CONTROLLI 26
5.1 ACCETTAZIONE 26
5.2 CONTROLLI 26

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 29
8 MANUTENZIONE DELLE OPERE A VERDE 30
8.1 INIZIO DEGLI INTERVENTI PREVISTI DAL PIANO DI MANTENIMENTO 30
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 si 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 Hetereophilla	-	-	-	-	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 Hibridum	-	-	-	10	-
Medicago Lupolina	5	-	-	-	10
Onobrychis Sativa	-	-	-	-	67
Antillis Vulneraria	17	-	-	-	5
Lotus Cornicolatus	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 ne 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 Thuye 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 Arizzonica 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 circonderà 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 vivai 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".

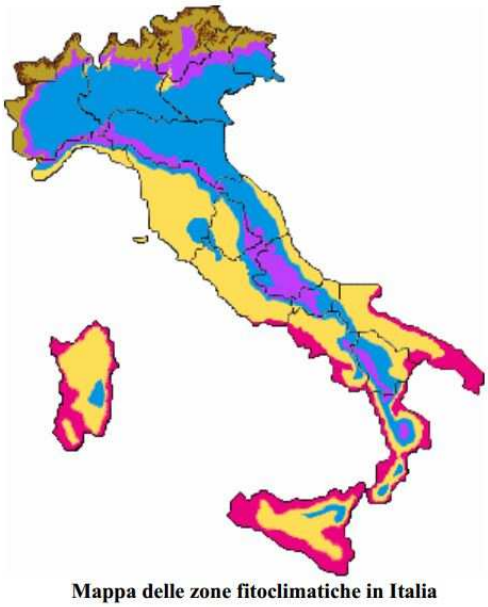


Tabella 4: Specie arboree e arbustive associate alle zone fitoclimatiche

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)
LAURETUM FREDDO	Italia Centromeridionale Zone interne	0	600-800	Tilia platyphyllos (tiglio) Pinus halepensis (pino d'Aleppo) Pinus pinea (pino domestico) Pinus pinaster (pino marittimo) Quercus ilex (leccio) Eucalyptus sp. (eucalipto) Cedrus Atlantica

				(cedro dell'atlante) Cedrus deodara (cedro dell'himalya) 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'himalya) Tilia Hybrida Argentea (tiglio argentato)
FAGETUM	Italia	800-900	1.000-1.300	Acer pseudoplatanus

	settentrionale			(acero montano)
	Italia centromeridionale	1.000-1.300	2.000	Carpinus betulus (carpino bianco) Fagus Sylvatica (faggio) Pinus Nigra/Austriaca (pino nero) Tilia Hybrida Argentea (tiglio argentato)
PINETUM	Italia settentrionale	1.000-1.300	2.000	Picea Abies Excelsa (abete rosso) Pinus Silvestris (pino silvestre)
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 del 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 prelevamento 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 riportate 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 deizioni 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 cangerogenesi, 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 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 danneg¬giate.

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 legatu¬re. L'Impresa procederà poi al riempimento definitivo delle bu¬che 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 effet¬tuata 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 disidra¬tazione causata dall'eccesso di salinità.

A riempimento ultimato, attorno alle piante dovrà essere for¬mata 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 rigo¬rosamente 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 pro¬dotti antitraspiranti.

4.6 MESSA A DIMORA DI PIANTE SEMPREVERDI E RESINOSE

Le piante sempreverdi e resinose non devono essere pota¬te al momento della messa a dimora, che avverrà nel periodo ade¬guato all'attecchimento delle varie specie. Salvo diverse speci¬fiche 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 erba¬cee perenni e annuali, delle rampicanti, delle sarmentose e del¬le ricadenti, deve essere effettuata in buche preparate al mo¬mento, 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 do¬vranno essere rimossi; se invece in contenitori di materiale de¬peribile (torba, pasta di cellulosa compressa, o altro) le pian¬te potranno essere messe a dimora con tutto il vaso. In ogni ca¬so le buche dovranno essere poi colmate con terra di coltivo mi-sta a concime ben pressata intorno alle piante. L'Impresa è te¬nuta a completare la piantagione delle specie rampicanti, sar¬mentose e ricadenti, legandone i getti, ove necessario, alle ap¬posite strutture di sostegno in modo da guidarne lo sviluppo per ottenere i migliori risultati in relazione agli scopi della si¬stemazione.

4.8 TRAPIANTI

Il trapianto di piante esistenti nelle aree d'intervento avviene in due fasi fondamentali: una fase di espianto ed una fase di impianto.

Il periodo più idoneo per procedere all'espianto 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 Seminagione 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
- Viminate: 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 riassestamento del materiale nella superficie circostante
- La protezione di scarpate in trincea mediante Georete, 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 contradditorio 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 adeguatamente rizollate, e potate, 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.

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 profilassi

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.05.26 - Rev. 1.0

Ripristino di ponti e viadotti in CA e CAP

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

SOMMARIO

1 PREMESSA 7
2 RISANAMENTO DELL'INTRADOSSO TRAVI 8
2.1 GENERALITÀ 8
2.2 MATERIALI 8
2.2.1 Malte tissotropiche da ripristino 8
2.2.2 Acciaio in barre da c.a. 11
2.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI 11
2.3.1 Generalità 11
2.3.2 Scalpellatura meccanica o idrodemolizione dell'intradosso travi 11
2.3.3 Trattamento ferri d'armatura 12
2.3.4 Posizionamento di armature aggiuntive e trattamento delle barre di armatura esistente 13
2.3.5 Preparazione delle superfici da ripristinare 13
2.3.6 Messa in opera delle miscele di ripristino 13
2.3.7 Finitura superficiale 14
2.3.8 Stagionatura 14
3 RISANAMENTO DELL'INTRADOSSO TRAVI IN PRESENZA DI CAVITÀ E RELATIVA INIEZIONE DELLE STESSE 14
3.1 GENERALITÀ 14
3.2 MATERIALI 15
3.2.1 Malte tissotropiche da ripristino 15
3.2.2 Resine epossidiche e boiacche cementizie a bassa viscosità per iniezione di cavità 16
3.2.3 Adesivo epossidico 17
3.2.4 Acciaio in barre da CA 18
3.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI 18
3.3.1 Generalità 18
3.3.2 Scalpellatura meccanica o idrodemolizione dell'intradosso travi 19
3.3.3 Trattamento ferri d'armatura, guaine e trefoli 19
3.3.4 Predisposizione dei fori per la successiva iniezione delle cavità 19
3.3.5 Posizionamento di armature aggiuntive 19

3.3.6 Preparazione delle superfici da ripristinare *(NP 05 – Idrolavaggio)* 20
3.3.7 Messa in opera delle miscele di ripristino 20
3.3.8 Finitura superficiale 20
3.3.9 Stagionatura 20
3.3.10 Iniezione delle cavità 21
4 INIEZIONE DELLE GUAINE DEI CAVI ESISTENTI 21
4.1 GENERALITÀ 21
4.2 MATERIALI 22
4.2.1 Resina epossidica a bassissima viscosità per iniezioni 22
4.2.2 Betoncino cementizio premiscelato colabile 23
4.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI 24
4.3.1 Generalità 24
4.3.2 Individuazione del tracciato dei cavi 25
4.3.3 Localizzazione delle guaine 25
4.3.4 Rimozione della sigillatura delle testate 25
4.3.5 Istallazione dei tubetti di iniezione ed operazioni propedeutiche all'iniezione 25
4.3.6 Iniezione delle guaine 25
4.3.7 Sigillature delle testate e ripristini 26
5 TRATTAMENTO PROTETTIVO DELLE SUPERFICI IN CALCESTRUZZO 27
5.1 GENERALITA' 27
5.2 MATERIALI 27
5.2.1 Trattamento protettivo 27
5.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI 28
5.3.1 Preparazione del supporto 28
5.3.2 Applicazione del trattamento protettivo 28
6 RINFORZO STRUTTURALE DELLE TRAVI DI IMPALCATO MEDIANTE L'UTILIZZO DI PLACCAGGI METALLICI 28
6.1 GENERALITÀ 28
6.2 MATERIALI 29
6.2.1 Resina per fissaggi di barre filettate 29
6.2.2 Barre filettate dadi e rosette 29
6.2.3 Adesivo epossidico per incollaggi strutturali 30
6.2.4 Resina epossidica a bassissima viscosità per intasamenti 30

6.2.5 Carpenterie metalliche 30
6.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI 30
6.3.1 Generalità 30
6.3.2 Inghisaggio delle barre di prima fase 30
6.3.3 Montaggio delle lamiere di rinforzo 31
6.3.4 Esecuzione delle giunzioni saldate 31
6.3.5 Intasamento dei giochi costruttivi di montaggio 31
6.3.6 Completamento dell'inghisaggio delle restanti barre 31
7 RINFORZO STRUTTURALE DELLE TRAVI DI IMPALCATO MEDIANTE PRECOMPRESSIONE ESTERNA 32
7.1 GENERALITÀ 32
7.2 MATERIALI 32
7.2.1 Guaina in HDPE per viplatura dei trefoli 32
7.2.2 Cera di petrolio o grasso 33
7.2.3 Guaina di protezione esterna 33
7.2.4 Carpenterie metalliche 34
7.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI 34
7.3.1 Generalità 34
7.3.2 Montaggio delle carpenterie metalliche 34
7.3.3 Messa in tensione dei cavi 35
7.3.4 Controllo degli allungamenti 35
7.3.5 Iniezioni 36
7.3.6 Sigillatura delle testate 36
8 RINFORZO STRUTTURALE DEI TRASVERSI DI IMPALCATO MEDIANTE PRECOMPRESSIONE ESTERNA 36
8.1 GENERALITÀ 36
8.2 MATERIALI 37
8.2.1 Guaina di protezione esterna 37
8.2.2 Carpenterie metalliche 37
8.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI 37
8.3.1 Montaggio delle carpenterie metalliche 38
8.3.2 Messa in tensione delle barre. 38

8.3.3 Controllo degli allungamenti 39
8.3.4 Iniezioni 39
8.3.5 Sigillatura delle testate 39
9 INTERVENTI CON MATERIALI FIBRORINFORZATI 40
9.1 GENERALITÀ 40
9.2 MATERIALI 40
9.2.1 Betoncini fibrorinforzati 40
9.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI 41
9.3.1 Stagionatura 41
9.3.2 Accettazione in corso d'opera 41
10 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE 42
10.1 NORME GENERALI 42
10.2 CRITERI DI MISURA 43
10.2.1 Conglomerati cementizi 43
10.2.2 Casseforme 44
10.2.3 Acciaio per c.a. 44

1 PREMESSA

Il presente Capitolato Speciale d'Appalto, relativo al ripristino di ponti e viadotti in c.a. ed in c.a.p., si compone di due parti principali: la prima relativa alle tecniche di precompressione esterna per la riparazione delle travi precompresse a cavi scorrevoli post tesi e la seconda relativa al rinforzo strutturale mediante l'utilizzo di materiali compositi fibrosi.
Per eventuali ulteriori lavorazioni, non espressamente richiamate nel presente capitolato, si rimanda al contenuto delle norme tecniche costituenti i Capitolati Speciali d'Appalto vigenti in ANAS.

Per quanto riguarda il ripristino delle travi in c.a.p. a cavi scorrevoli post tesi, il presente capitolato descrive gli interventi previsti classificando le possibili difettosità come segue:

1. Copriferro insufficiente o carbonatato o degradato, con riferimento in generale alle armature ordinarie ed in particolar modo per le guaine dei cavi di precompressione, in corrispondenza della parete delle anime, ciò a causa di un originario non corretto rapporto tra lo spessore delle stesse ed il diametro delle guaine;
2. L'intradosso del martello inferiore delle travi si presenta al più con degrado superficiale tipico del calcestruzzo in opera da diversi decenni, eventualmente con armature lente scoperte, corrose o con le barre longitudinali di armatura disposte erroneamente all'esterno delle staffe trasversali e quindi tendenti all'espulsione del copriferro;
3. Il martello inferiore si trova in condizioni analoghe al precedente caso 1) ma, specificatamente nelle zone comprese tra i quarti della trave e la sezione di mezzeria (ovvero dove i cavi sono nella loro posizione più bassa e tra loro raggruppati) sono presenti delle cavità intorno ai cavi di precompressione le cui guaine, prive del copriferro e dell'aderenza alla trave, risultano però correttamente essere state iniettate;
4. Il martello inferiore si trova in condizioni analoghe al precedente caso 3), le guaine dei cavi, in questo caso, risultano prive di iniezione o iniettate solo parzialmente, ma i trefoli o i fili che compongono il cavo sono in buono stato;
5. Il martello inferiore si trova in condizioni analoghe al precedente caso 4) ma con fili o trefoli che presentano segni evidenti di corrosione.

Le difettosità descritte vengono risanate mediante i seguenti interventi, applicabili tra loro separatamente o in combinazione:

- Risanamento dell'intradosso delle travi;
- Risanamento dell'intradosso delle travi in presenza di cavità aperte oppure occulte e relativa iniezione delle stesse;
- Iniezione delle guaine dei cavi di precompressione esistenti;
- Applicazione di sistemi protettivi sulla superficie del calcestruzzo;
- Rinforzo strutturale delle travi di impalcato mediante l'utilizzo di placcaggi metallici applicati all'intradosso delle travi;

- Rinforzo strutturale delle travi mediante l'uso di tecniche di precompressione esterna.

2 RISANAMENTO DELL'INTRADOSSO TRAVI

2.1 GENERALITÀ

Nel presente articolo vengono trattati i materiali ed i magisteri inerenti il ripristino di elementi strutturali in c.a. e c.a.p. con particolare riferimento all'intradosso delle travi da ponte.
Si terrà presente, in linea generale, che scopo del ripristino dei conglomerati cementizi è ricreare la sagoma di progetto del manufatto in corrispondenza dei punti degradati.
Il ripristino di tali strutture degradate o l'adeguamento degli elementi in conglomerato cementizio dovrà garantire comunque, sia la monoliticità tra il vecchio calcestruzzo ed il materiale con cui viene eseguito il ripristino, sia la resistenza agli agenti aggressivi dell'ambiente d'esercizio.
Si specifica che, qualora nelle fasi di risanamento del martello descritte nella presente sezione dovessero palesarsi delle cavità non individuate nella fase di indagine preliminare al progetto queste saranno in ogni caso trattate e risanate secondo le procedure previste nella specifica sezione "RISANAMENTO DELL'INTRADOSSO TRAVI IN PRESENZA DI CAVITA' E RELATIVA INIEZIONE DELLE STESSE".
Nei paragrafi seguenti vengono definiti i materiali, con i loro requisiti e prestazioni, da applicare secondo le tecniche indicate.

2.2 MATERIALI

2.2.1 MALTE TISSOTROPICHE DA RIPRISTINO

Voce di elenco prezzi:
B.09.220.2 – Tixotropica fibrorinforzata con fibre inorganiche

Per il ripristino si utilizzerà una malta tissotropica, a ritiro compensato e a presa normale, per elevate prevalenze o lunghe distanze, a base cementizia, composta da leganti idraulici resistente ai solfati, aggregati selezionati, fibre sintetiche in poliacrilonitrile, inibitore di corrosione organico, speciali additivi espansivi e ritentori d'acqua per la ricostruzione di strutture degradate in calcestruzzo. La malta dovrà essere addizionata con opportuno additivo anti ritiro (SRA) per consentire la corretta espansione all'aria del materiale. L'applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto asportando il calcestruzzo ammalorato fino ad ottenere un sottofondo solido, esente da parti in distacco e sufficientemente ruvido. Il prodotto dovrà essere applicato su sottofondo pulito e saturo di acqua, a spruzzo con pompa intonacatrice, in uno spessore compreso tra 1 e 5 cm per strato. Spessori superiori a 3 cm devono essere eseguiti solo dopo aver posizionato dei ferri di contrasto avendo cura di applicare un copriferro di almeno 2 cm.

Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti prestazionali essenziali ed aggiuntivi previsti dalla norma armonizzata UNI EN 1504 parte 3 per le malte strutturali di classe R4. In particolare:

Caratteristiche prestazionali essenziali	Metodo di prova	Valori di riferimento per la malta di classe R4
Resistenza a compressione	EN 12190	≥ 45 MPa
Contenuto di ioni cloruro	EN 1015-17	≤ 0,05%
Legame di aderenza	EN 1542	≥ 2MPa
Durabilità – resistenza alla carbonatazione	EN 13295	dk ≤ cls di controllo
Durabilità, compatibilità termale, gelo-disgelo.	EN 13687-1	Forza di legame ≥ 2 MPa dopo 50 cicli
Modulo elastico	EN 13412	≥ 20 MPa
Assorbimento capillare (permeabilità all'acqua)	EN 13057	≤ 0,5 kgm2h-0,5

In aggiunta alle caratteristiche prestazionali essenziali sopra elencate, la malta R4 deve rispettare le ulteriori prescrizioni progettuali:

Prestazioni aggiuntive	Metodo di prova	Valori di riferimento
Resistenza alla flessione	EN 196-1	≥ 7 MPa
Resistenza allo sfilamento delle barre in acciaio	RILEM – CEB – FIB RC6 -78	≥ 25 MPa
Risultato all'O-ring test	-	Nessuna fessurazione dopo 180 giorni
Espansione contrastata all'aria	UNI 8147 mod	≥ 400 μm/m
Resistenza al fuoco	EN 13501-1	Classe A1

note:

- Si definiscono a ritiro compensato malte, betoncini e calcestruzzi che compensano il ritiro igrometrico con una opportuna reazione espansiva nella fase iniziale dell'indurimento. Le azioni di espansione per il controllo del ritiro dovranno avvenire in fase di indurimento del materiale e non quando esso ha consistenza plastica.
- Le fibre sintetiche poliacriliche contribuiscono a contrastare la fessurazione dei materiali cementizi conseguente al ritiro plastico.

Controlli di accettazione in cantiere:

Caratteristica		Norma	Frequenza prova o	Esecuzione controllo	Limiti EN 1504 - 3 Valore di atteso

		riferimento	osservazione		Frequenza di prelievo
Accettazione della malta da riparazione in cantiere					
Identità dei prodotti applicati	Verifica della certificazione e delle prove qualifica. Schede tecniche e DOP	EN 1504 - 3	Al momento della qualifica del fornitore	SI	Nessun valore prescritto , salvo la dichiarazione del produttore
Verifica delle condizioni ambientali e requisiti prima e/o durante l'applicazione					
Temperatura ambiente	Termometro accuratezza 1°C		Per tutta la durata dell'applicazione	A discrezione Da indicarsi nei PCQ	Assenti
Precipitazioni	Ispezione visiva		Quotidiana	A discrezione Da indicarsi nei PCQ	Assenti

Verifica delle condizioni del sottofondo , requisiti della malta prima e dopo l'applicazione					
Saturazione del sottofondo	Visiva		Quotidiana prima di Iniziare l'intervento di risanamento	SI	Assente
Massa volumica dell'impasto fresco	In laboratorio ed in sito		A discrezione della Direzione Lavori	SI	Assente In laboratorio con frequenza decisa dal direttore lavori
Resistenza a compressione a 7 e 28gg	In laboratorio su prismi 4x4x16	UNI EN 12190	A discrezione del Direttore lavori	SI	Secondo quanto previsto dalla EN 1504-3 per le malte di classe IV. Comunque valori ≥ a quanto definito nel progetto
Resistenza a flessione a 28gg	In laboratorio su terna Prismi 4x4x16cm per malte	EN 196/1	Sugli stessi prismi che verranno testati a compressione	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con	Assente Non previsto dalla EN 1504 - 3 e quindi a discrezione della Direzione lavori

				malta	
Aderenza in sito	Trazione diretta	EN 1542	Ogni 500m2 o con frequenza decisa dal direttore lavori	SI	≥ 1,2MPa in sito ; In laboratorio secondo la 1766 (supporto MC 0,40) ≥ 2 MPa previsto per la classe IV

2.2.2 ACCIAIO IN BARRE DA C.A.

Si utilizzerà acciaio in barre da Cemento Armato del tipo B450C secondo quanto specificato in "Capitolato Speciale d'Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Calcestruzzi E Acciai Per CA e CAP".

2.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI

2.3.1 GENERALITÀ

La tecnica di intervento per il ripristino dell'intradosso delle travi può essere sintetizzata nelle seguenti fasi:

- scalpellatura meccanica, idroscarifica o scarifica meccanica dell'intradosso travi;
- rimozione di eventuali ferri di armatura disposti erroneamente all'esterno delle staffe trasversali;
- risagomatura e pulizia delle armature esistenti se necessaria;
- posa di nuove barre di armatura longitudinale, in quantitativo e diametro equivalente a quelle rimosse, da disporre all'interno delle armature trasversali;
- preparazione delle superfici da ripristinare;
- applicazione del materiale di ripristino;
- finitura superficiale
- stagionatura.
-

2.3.2 SCALPELLATURA MECCANICA O IDRODEMOLIZIONE DELL'INTRADOSSO TRAVI

L'asportazione del calcestruzzo all'intradosso delle travi fino a rinvenimento totale delle armature longitudinali e trasversali e comunque per uno spessore di almeno 5 cm, necessario ad asportare tutto il calcestruzzo ammalorato, avverrà preferibilmente mediante idroscaridica o in alternativa con scalpellatura o scarifica meccanica, adottando tutte le precauzioni necessarie ad evitare il danneggiamento delle strutture superstiti.

Nel caso di idroscarifica dovranno usarsi pressioni del getto d'acqua maggiori a 400 Bar e portata compresa tra 100 e 300 l/min.
Tali macchine dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori ed essere corredate di sistemi di preregolazione con comando a distanza e di sistemi sicurezza e protezione, che consentano il corretto funzionamento anche in presenza di traffico, nonché il controllo delle acque di scarico, la qualità delle quali dovrà essere conforme ai limiti della tabella "A" della legge 319/76.
La superficie del calcestruzzo di supporto dovrà risultare macroscopicamente ruvida (asperità non inferiore a 5 mm di profondità) allo scopo di ottenere la massima aderenza tra il nuovo ed il vecchio materiale.
Tale macro ruvidità è indispensabile affinché si realizzi il meccanismo dell'espansione contrastata che è alla base del funzionamento dei materiali a ritiro compensato.
Se i conglomerati a ritiro compensato venissero applicati in assenza di contrasto (ruvidità del supporto, confinamento e armatura per gli spessori > 30 mm), sarebbero destinati inevitabilmente a perdere aderenza con il supporto durante l'espansione iniziale ed ad avere fessure da ritiro igrometrico. E' necessario quindi prevedere un'armatura di contrasto per spessori > ai 30 mm.

2.3.3 TRATTAMENTO FERRI D'ARMATURA

I ferri di armatura ordinaria del calcestruzzo armato messi a nudo in fase di esportazione del conglomerato cementizio ammalorato dovranno essere eventualmente risagomati e accuratamente puliti, mediante sabbiatura, rimuovendo qualsiasi traccia di ruggine.

Nel caso in cui gli interventi di ripristino siano locali e non generalizzati è opportuno applicare sulle barre di armatura esistenti, opportunamente pulite, una malta cementizia anticorrosiva rispondente alla 1504-7. Il prodotto passivante dovrà possedere un pH superiore a 12 per garantire la passivazione dell'armatura e dovrà essere applicato a pennello in due mani per uno spessore minimo di 2 mm. Lo stesso trattamento può essere evitato nel caso in cui trattamento di ripristino sia generalizzato e purché sulla superficie ripristinata sia poi applicato un protettivo superficiale elastomerico cementizio.

Il prodotto passivante dovrà rispondere ai requisiti prestazionali essenziali previsti dalla norma armonizzata UNI EN 1504 parte 7. In particolare:

Caratteristiche prestazionali essenziali	Metodo di prova	Valori di riferimento per il passivante
Adesione al supporto	EN 1542	≥ 2 MPa
Resistenza allo sfilamento delle barre di acciaio	EN 15184	Carico pari almeno all'80% del carico determinato su armatura non rivestita
Resistenza alla corrosione	EN 15183	Dopo la serie dei cicli le barre d'acciaio rivestite devono essere

		esenti da corrosione. La penetrazione della ruggine all'estremità della piastra d'acciaio priva di rivestimento deve essere < 1 mm

2.3.4 POSIZIONAMENTO DI ARMATURE AGGIUNTIVE E TRATTAMENTO DELLE BARRE DI ARMATURA ESISTENTE

Elenco Prezzi: B.09.020.2 – Passivazione dei ferri di armatura

Qualora sia necessario aggiungere delle armature a ripristino di quelle esistenti in avanzato stato di degrado o posizionate erroneamente all'esterno delle staffe trasversali, queste verranno poste in opera prima della pulizia della superficie di supporto.
Si utilizzeranno barre di acciaio tipo B450C.
Le barre longitudinali da reintegrare all'intradosso delle travi saranno riposizionate correttamente all'interno delle staffe trasversali.
Dovrà essere comunque garantito un copriferro netto di almeno 20 mm, ottenibile o mediante corretta risagomatura/riposizionamento delle armature o con sovraspessori rispetto all'originale.

2.3.5 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DA RIPRISTINARE

Elenco Prezzi: Idrolavaggio

Per avere la certezza che il supporto sia pulito al momento dell'applicazione della malta tixtropica è necessario effettuare la pulizia immediatamente prima dell'applicazione del materiale e dopo che tutte le altre operazioni di preparazione siano state ultimate.
Si dovranno pertanto asportare mediante idrolavaggio (circa 100 atm) le polveri e le parti incoerenti eventualmente ancora presenti, le tracce di grassi, oli ottenendo cosi una superficie composta da un conglomerato cementizio sano, pulito e compatto.
L'operazione di pulizia con acqua in pressione, se eseguita immediatamente prima dell'applicazione del materiale, consente anche la saturazione del calcestruzzo (condizione S.S.A.), comunque necessaria per una corretta applicazione dei materiali a ritiro compensato.

2.3.6 MESSA IN OPERA DELLE MISCELE DI RIPRISTINO

La messa in opera della malta tissotropica monocomponente, a ritiro compensato e a presa normale, per elevate prevalenze o lunghe distanze, a base cementizia, composta da leganti idraulici resistente ai solfati, aggregati selezionati, fibre sintetiche in poliacrilonitrile, inibitore di corrosione organico, speciali additivi espansivi e ritentori d'acqua sarà eseguita a spruzzo, a mezzo di pompa intonacatrice, in uno spessore compreso tra 1 e 5 cm per strato.

Qualora gli spessori superino i 3 cm è necessario prevedere una rete metallica o di altro materiale per garantire il contrasto all'espansione della malta e la corretta aderenza di questa al supporto.

2.3.7 FINITURA SUPERFICIALE

Dopo l'applicazione delle miscele di ripristino la superficie di intradosso del martello ed i risvolti dovranno essere regolarizzati al fine di ottenerne la planarità mediante tirata staggia.
Si procederà quindi a successiva fratazzatura dell'intradosso da eseguirsi dopo un certo tempo dall'applicazione in funzione delle condizioni climatiche.

2.3.8 STAGIONATURA

Una corretta stagionatura è fondamentale per evitare la formazione di fessure dovute all'immediata evaporazione di parte dell'acqua di impasto sotto l'azione del sole e del vento.
Ultimate le operazioni di finitura superficiale si procederà quindi ad accurata stagionatura della malta mediante applicazione di acqua nebulizzata per almeno 24 ore dopo l'applicazione.

3 RISANAMENTO DELL'INTRADOSSO TRAVI IN PRESENZA DI CAVITÀ E RELATIVA INIEZIONE DELLE STESSE

3.1 GENERALITÀ

Nel presente articolo vengono trattati i materiali ed i magisteri inerenti il ripristino di elementi strutturali in c.a. e c.a.p., con particolare riferimento all'intradosso delle travi da ponte, in presenza di cavità nel calcestruzzo che siano aperte e visibili, oppure occulte o che si manifestino successivamente durante le fasi di lavorazione.
Si terrà presente, in linea generale, che scopo del ripristino dei conglomerati cementizi con fenomeni di degrado superficiale e/o in presenza di cavità nella massa di calcestruzzo è di:
- ricreare la sagoma di progetto del manufatto in corrispondenza dei punti degradati;
- riempire le cavità;
ciò garantendo sia la monoliticità tra il vecchio calcestruzzo ed il materiale con cui viene eseguito il ripristino, sia la resistenza agli agenti aggressivi dell'ambiente d'esercizio.
Le indagini preliminari al progetto di ripristino hanno individuato le zone in cui si sono evidenziate delle cavità da risanare secondo le tecniche successivamente descritte.
Nel caso specifico le cavità si presentano generalmente nella parte inferiore del martello delle travi, tra i quarti della trave e la sezione di mezzeria, dove i cavi di precompressione si trovano nella posizione più bassa e tra loro raggruppati.
Con molta probabilità è stata proprio l'eccessiva mutua vicinanza delle guaine ad impedire che il calcestruzzo penetrasse tra le stesse; inoltre, l'effetto tappo prodotto dal gruppo di guaine posizionate in corrispondenza del raccordo anima-martello, unito probabilmente ad una non efficace vibrazione, ha impedito il regolare getto del calcestruzzo e conseguentemente la formazione di vuoti anche al disotto delle guaine.

In tal caso l'intradosso della trave si presenta apparentemente integro (salvo fenomeni di degrado superficiale riconducibili agli agenti atmosferici) ma in realtà è costituito da una sottile "crosta" di malta, ovvero della sola parte di fino del getto che è riuscita in tali condizioni a raggiungere il fondo del cassero.
Nella fase di indagine precedente il progetto le cavità sono state individuate ed aperte mediante martellamento a mano dell'intradosso delle travi.
Nei paragrafi seguenti vengono definiti i materiali, con i loro requisiti e prestazioni, da applicare secondo le tecniche indicate.

3.2 MATERIALI

3.2.1 MALTE TISSOTROPICHE DA RIPRISTINO

Elenco Prezzi: B.09.220.2 – Tixotropica fibrorinforzata con fibre inorganiche

Per il ripristino si utilizzerà una malta tissotropica, a ritiro compensato e a presa normale, per elevate prevalenze o lunghe distanze, a base cementizia, composta da leganti idraulici resistente ai solfati, aggregati selezionati, fibre sintetiche in poliacrilonitrile, inibitore di corrosione organico, speciali additivi espansivi e ritentori d'acqua per la ricostruzione di strutture degradate in calcestruzzo. La malta dovrà essere addizionata con opportuno additivo anti ritiro (SRA) per consentire la corretta espansione all'aria del materiale. L'applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto asportando il calcestruzzo ammalorato fino ad ottenere un sottofondo solido, esente da parti in distacco e sufficientemente ruvido. Il prodotto dovrà essere applicato su sottofondo pulito e saturo di acqua, a spruzzo con pompa intonacatrice, in uno spessore compreso tra 1 e 5 cm per strato. Spessori superiori a 3 cm devono essere eseguiti solo dopo aver posizionato dei ferri di contrasto avendo cura di applicare un copriferro di almeno 2 cm.
Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti prestazionali essenziali ed aggiuntivi previsti dalla norma armonizzata UNI EN 1504 parte 3 per le malte strutturali di classe R4. In particolare:

Caratteristiche prestazionali essenziali	Metodo di prova	Valori di riferimento per la malta di classe R4
Resistenza a compressione	EN 12190	≥ 45 MPa
Contenuto di ioni cloruro	EN 1015-17	≤ 0,05%
Legame di aderenza	EN 1542	≥ 2MPa
Durabilità – resistenza alla carbonatazione	EN 13295	dk ≤ cls di controllo
Durabilità, compatibilità termale, gelo-disgelo.	EN 13687-1	Forza di legame ≥ 2 MPa dopo 50 cicli
Modulo elastico	EN 13412	≥ 20 MPa
Assorbimento capillare (permeabilità all'acqua)	EN 13057	≤ 0,5 kgm2h-0,5

In aggiunta alle caratteristiche prestazionali essenziali sopra elencate, la malta R4 deve rispettare le ulteriori prescrizioni progettuali:

Prestazioni aggiuntive	Metodo di prova	Valori di riferimento
Resistenza alla flessione	EN 196-1	≥ 8 MPa
Resistenza allo sfilamento delle barre in acciaio	RILEM – CEB – FIB RC6 -78	≥ 25 MPa
Risultato all'O-ring test	-	Nessuna fessurazione dopo 180 giorni
Espansione contrastata all'aria	UNI 8147 mod.	≥ 400 µm/m
Resistenza al fuoco	EN 13501-1	Classe A1

note:

- Si definiscono a ritiro compensato malte, betoncini e calcestruzzi che compensano il ritiro igrometrico con una opportuna reazione espansiva nella fase iniziale dell'indurimento. Le azioni di espansione per il controllo del ritiro dovranno avvenire in fase di indurimento del materiale e non quando esso ha consistenza plastica.
- Le fibre sintetiche poliacriliche contribuiscono a contrastare la fessurazione dei materiali cementizi conseguente al ritiro plastico.

3.2.2 RESINE EPOSSIDICHE E BOIACCHE CEMENTIZIE A BASSA VISCOSITÀ PER INIEZIONE DI CAVITÀ

Elenco Prezzi B.09.220.2 – Tixotropica fibrorinforzata con fibre inorganiche

Per il riempimento delle cavità del calcestruzzo o di vespai si eseguiranno iniezioni a bassa pressione di boiacca cementizia. La boiacca dovrà essere realizzata usando un legante ad alta resistenza ai solfati.

In alternativa , in funzione delle dimensioni delle cavità , o a completamento delle iniezioni con sistemi cementizi possono essere usate resine epossidiche superfluide esenti da solventi. La resina dovrà rispondere ai seguenti requisiti prestazionali essenziali ed aggiuntivi richiesti dalla norma armonizzata UNI EN 1504-5.

In particolare:

	Metodo di prova	Valori di riferimento per le resine da iniezione
Adesione mediante forza di aderenza per trazione	EN 12618-2	Rottura coesiva del substrato
Ritiro volumetrico	EN 12617-2	≤ 3 %
Temperatura di transizione vetrosa	EN 12614	≥40 ° C

Tempo di iniettabilità in mezzo asciutto	EN 1771	< 4 min per fessure da 0,1 mm < 8 min per fessure da 0,2 mm Trazione indiretta > 7 MPa
Tempo di iniettabilità in mezzo non asciutto	EN 1771	< 4 min per fessure da 0,1 mm < 8 min per fessure da 0,2 mm Trazione indiretta > 7 MPa
Sviluppo della resistenza a trazione a 10° dopo 72h	EN 1543	>3 MPa
Durabilità, cicli termici e di bagnato asciutto	EN 12618-2	Rottura coesiva del substrato
Adesione mediante resistenza al taglio inclinato	EN 12618-3	Rottura monolitica

In aggiunta alle caratteristiche prestazionali essenziali sopra elencate, la resina di iniezione è opportuno rispetti le ulteriori prescrizioni progettuali:

Prestazioni aggiuntive	Metodo di prova	Valori di riferimento
Resistenza a trazione	EN ISO 527	≥ 35 N/mm^2
Viscosità Brookfield	-	Valore consigliato 300-400 mPa s
Modulo elastico a trazione	EN ISO 527	≥ 2000 N/mm^2

3.2.3 ADESIVO EPOSSIDICO

Elenco Prezzi: Adesivo epossidico)

Adesivo epossidico tissotropico per l'incollaggio di piastre esterne in acciaio per il rinforzo del calcestruzzo, mediante applicazione a spatola.. L'applicazione dell'adesivo dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto asportando le parti friabili o in fase di distacco, sporco o vernici.
Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti prestazionali essenziali ed aggiuntivi previsti dalla norma armonizzata UNI EN 1504 parte 4 per gli incollaggi strutturali, in particolare:

Caratteristiche prestazionali essenziali	Metodo di prova	Valori di riferimento per l'adesivo epossidico
Aderenza -pull out	EN 12188	La sollecitazione alla trazione creata dal giunto incollato in una prova a trazione diretta deve essere ≥ 14 N/mm^2.
Aderenza - resistenza al taglio inclinato	EN 12188	La resistenza al taglio in compressione di prismi incollati obliquamente a varie angolatura θ deve essere > dei valori σ_0 sotto riportati in N/mm^2: 50° 50

		60° 60 70° 70
Durabilità del sistema composito: cicli di umidità	EN 13733	Il carico di taglio-compressione alla rottura dei provini di calcestruzzo indurito dopo i cicli di umidità non deve essere inferiore alla resistenza a trazione del calcestruzzo.
Modulo di elasticità a compressione	EN 13412	≥ 2000 N/mm^2
Resistenza al taglio	EN 12188	≥ 12 MPa
Temperatura di transizione vetrosa	EN 12614	≥ 40 °C
Coefficiente di espansione termica	EN 1770 (compreso fra -25°C e +60°C)	≤100 x 10^{-6} per K
Ritiro lineare	EN 12617-1	≤0,1%
Adesione del calcestruzzo	EN 12636	Rottura nel calcestruzzo
Adesione del calcestruzzo a superficie satura asciutta	EN 12636	Rottura nel calcestruzzo

3.2.4 ACCIAIO IN BARRE DA CA

Si utilizzerà acciaio in barre da Cemento Armato del tipo B450C secondo quanto specificato in "Capitolato Speciale d'Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Calcestruzzi E Acciai Per CA e CAP".

3.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI

3.3.1 GENERALITÀ

La tecnica di intervento per il ripristino dell'intradosso delle travi in presenza di cavità aperte può essere sintetizzata nelle seguenti fasi:

- scalpellatura meccanica o idrodemolizione dell'intradosso travi;
- rimozione manuale o con demolitore leggero delle porzioni ammalorate di calcestruzzo all'interno delle cavità;
- rimozione di eventuali ferri di armatura disposti erroneamente all'esterno delle staffe trasversali;
- risagomatura e spazzolatura delle armature esistenti e delle guaine dei cavi o trefoli;
- predisposizione dei fori per la successiva iniezione delle cavità;
- posa di nuove barre di armatura longitudinale, in quantitativo e diametro equivalente a quelle rimosse, da disporre all'interno delle armature trasversali;
- preparazione delle superfici da ripristinare;
- applicazione del materiale di ripristino per la ricostruzione dell'intradosso;
- finitura superficiale e stagionatura;
- iniezione delle cavità.
-

3.3.2 SCALPELLATURA MECCANICA O IDRODEMOLIZIONE DELL'INTRADOSSO TRAVI

L'asportazione del calcestruzzo all'intradosso delle travi fino a rinvenimento totale delle armature longitudinali e trasversali e comunque per uno spessore necessario a rimuovere tutto il calcestruzzo ammalorato, avverrà preferibilmente mediante idroscaridica o in alternativa con scalpellatura o scarifica meccanica, adottando tutte le precauzioni necessarie ad evitare il danneggiamento delle strutture superstiti.
Nel caso di idroscarifica dovranno usarsi pressioni del getto d'acqua maggiori a 400 Bar e portata compresa tra 100 e 300 l/min.
Tali macchine dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori ed essere corredate di sistemi di preregolazione con comando a distanza e di sistemi sicurezza e protezione, che consentano il corretto funzionamento anche in presenza di traffico, nonché il controllo delle acque di scarico, la qualità delle quali dovrà essere conforme ai limiti della tabella "A" della legge 319/76.
La superficie del calcestruzzo di supporto dovrà risultare macroscopicamente ruvida (asperità non inferiore a 5 mm di profondità) allo scopo di ottenere la massima aderenza tra il nuovo ed il vecchio materiale.
Tale macro ruvidità è indispensabile affinché si realizzi il meccanismo dell'espansione contrastata che è alla base del funzionamento dei materiali a ritiro compensato.
Se i conglomerati a ritiro compensato venissero applicati in assenza di contrasto (ruvidità del supporto, confinamento e armatura per gli spessori > 30 mm), sarebbero destinati inevitabilmente a perdere aderenza con il supporto durante l'espansione iniziale ed ad avere fessure da ritiro igrometrico. E' necessario quindi prevedere un'armatura di contrasto per spessori > ai 30 mm.

3.3.3 TRATTAMENTO FERRI D'ARMATURA, GUAINE E TREFOLI

I ferri di armatura ordinaria del cemento armato messi a nudo in fase di esportazione del conglomerato cementizio dovranno essere eventualmente risagomati ed accuratamente spazzolati rimuovendo qualsiasi traccia di corrosione.
Le guaine dei cavi di precompressione o trefoli che dovessero risultare eventualmente scoperti saranno anch'essi accuratamente spazzolati rimuovendo qualsiasi traccia di corrosione.

3.3.4 PREDISPOSIZIONE DEI FORI PER LA SUCCESSIVA INIEZIONE DELLE CAVITÀ

In corrispondenza di ciascuna cavità saranno predisposti almeno due fori di iniezione di cui almeno uno da disporre nella parte superiore della cavità e da utilizzare come foro di sfiato in fase di iniezione e di fuoriuscita del materiale a controllo dell'avvenuto riempimento.

3.3.5 POSIZIONAMENTO DI ARMATURE AGGIUNTIVE

Qualora sia necessario aggiungere delle armature a ripristino di quelle esistenti in avanzato stato di degrado o posizionate erroneamente all'esterno delle staffe trasversali, queste verranno poste in opera prima della pulizia della superficie di supporto.

Si utilizzeranno barre di acciaio tipo B450C.
Le barre longitudinali da reintegrare all'intradosso delle travi saranno riposizionate correttamente all'interno delle staffe trasversali.
Dovrà essere comunque garantito un copriferro netto di almeno 20 mm, ottenibile o mediante corretta risagomatura/riposizionamento delle armature o con sovraspessori rispetto all'originale.

3.3.6 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DA RIPRISTINARE *(NP 05 – IDROLAVAGGIO)*

Per avere la certezza che il supporto sia pulito al momento dell'applicazione della malta tixtropica è necessario effettuare la pulizia immediatamente prima dell'applicazione del materiale e dopo che tutte le altre operazioni di preparazione siano state ultimate.
Si dovranno pertanto asportare mediante idrolavaggio (circa 100 atm) le polveri e le parti incoerenti eventualmente ancora presenti, le tracce di grassi, oli ottenendo cosi una superficie composta da un conglomerato cementizio sano, pulito e compatto, condizione S.S.A.
L'operazione di pulizia con acqua in pressione, se eseguita immediatamente prima dell'applicazione del materiale, consente anche la saturazione del calcestruzzo, comunque necessaria per una corretta applicazione dei materiali a ritiro compensato.

3.3.7 MESSA IN OPERA DELLE MISCELE DI RIPRISTINO

La messa in opera della malta tissotropica monocomponente, a ritiro compensato e a presa normale, per elevate prevalenze o lunghe distanze, a base cementizia, composta da leganti idraulici resistente ai solfati, aggregati selezionati, fibre sintetiche in poliacrilonitrile, inibitore di corrosione organico, speciali additivi espansivi e ritentori d'acqua sarà eseguita a spruzzo, a mezzo di pompa intonacatrice, in uno spessore compreso tra 1 e 5 cm per strato.

Qualora gli spessori superino i 3 cm è necessario prevedere una rete metallica o di altro materiale per garantire il contrasto all'espansione della malta e la corretta aderenza di questa al supporto.

3.3.8 FINITURA SUPERFICIALE

Dopo l'applicazione delle miscele di ripristino la superficie di intradosso del martello ed i risvolti dovranno essere regolarizzati al fine di ottenerne la planarità mediante tirata staggia.
Si procederà quindi a successiva fratazzatura dell'intradosso da eseguirsi dopo un certo tempo dall'applicazione in funzione delle condizioni climatiche.

3.3.9 STAGIONATURA

Una corretta stagionatura è fondamentale per evitare la formazione di fessure dovute all'immediata evaporazione di parte dell'acqua di impasto sotto l'azione del sole e del vento.
Ultimate le operazioni di finitura superficiale si procederà quindi ad accurata stagionatura della malta mediante applicazione di acqua nebulizzata per almeno 24 ore dopo l'applicazione.

3.3.10 INIEZIONE DELLE CAVITÀ

Per ciascuna cavità si attrezzeranno tutti i fori, preventivamente eseguiti, con tubetti d'iniezione provvisti di apposita cuffia, da sigillare con paste collanti epossidiche, previa accurata pulizia del supporto.
A stagionatura ultimata della malta di rifacimento del fondello trave e dopo almeno 48 ore dall'ultimazione delle operazioni di sigillatura dei tubetti, si procederà alla soffiatura all'interno delle cavità, per eliminare eventuali sacche d'acqua, polveri e per valutare la consistenza dei vuoti da iniettare.
Le operazioni di iniezione della cavità, da realizzarsi con tecnica tradizionale (non sottovuoto), prevedono l'iniezione di resina epossidica a bassissima viscosità.
In linea di massima sarà conveniente partire iniettando le cavità in prossimità della mezzeria della trave per poi procedere in direzione delle estremità della trave.
Per ciascuna cavità si procederà iniettando dal foro/i situati più in basso sino alla fuoriuscita della miscela dai tubetti posti più in alto.
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 delle cavità e, comunque, in nessun caso si dovranno superare i 5 bar.

4 INIEZIONE DELLE GUAINE DEI CAVI ESISTENTI

4.1 GENERALITÀ

Nel presente articolo vengono trattati i materiali ed i magisteri inerenti il riempimento delle guaine per i cavi di precompressione di tipo post-teso nei quali questa sia stata eseguita originariamente in modo parziale o sia completamente assente. Siamo nel caso in cui le indagini preliminari al progetto di ripristino hanno consentito di appurare che una parte dei cavi di precompressione non risulta essere iniettata o presenta iniezioni parziali.
Sulla base delle risultanze di dette indagini il progetto specifica quali sono le travi in cui si è certamente riscontrata la presenza di guaine non iniettate o iniettate in modo parziale.
Per ciascuna di queste travi il progetto indica il numero di guaine per il quale occorre prevedere l'iniezione.
Si precisa che l'assenza di iniezione su determinati cavi è stata accertata in quanto la presenza di alcune cavità nell'intorno delle guaine all'intradosso del martello ha consentito la diretta ispezione delle guaine inferiori denominate 1, 2 e 3 secondo lo schema di figura seguente.

Sigla attribuita alla guaine (cavi) rinvenuti

Si precisa inoltre che le guaine 4 e 5 non risultano essere mai state direttamente accessibili e quindi non ispezionabili se non a mezzo di una specifica campagna di indagine endoscopica o con altri mezzi idonei allo scopo.
E' ipotizzabile che, con buona probabilità, le guaine siano effettivamente state tutte quante iniettate ma che la presenza di cavità nella trave, unita alla non tenuta delle guaine, abbia impedito il loro corretto riempimento. In molti casi si è infatti rilevata la presenza di malta da iniezione nelle cavità del calcestruzzo.

Dietro tali premesse/precisazioni il criterio con cui in progetto sono state quantificate le guaine da iniettare è il seguente:

- In presenza di almeno una delle guaine inferiori non iniettata (rilevabile direttamente) si è ipotizzato in ogni caso che anche le guaine superiori (N° 4 e 5 non accessibili ed ispezionabili direttamente) siano sprovviste di iniezione; in tal caso il numero di guaine da iniettare varia da un minimo di 3 (1 inferiore e 2 superiori) ad un massimo di 5.
- In presenza di tutte e tre le guaine inferiori iniettate (rilevabili direttamente) si è ipotizzato che anche quelle superiori lo siano; in tal caso non sono stati previsti interventi di iniezione sulle guaine.
- In presenza di travi senza cavità si ipotizza che tutte e 5 le guaine siano provviste di iniezione.

Si specifica che:

- qualora nelle fasi di lavorazione dovessero individuarsi ulteriori guaine sprovviste di iniezione saranno ripristinate secondo quanto specificato nella presente sezione;
- qualora nelle fasi di ripristino delle guaine dovessero palesarsi delle cavità occulte nell'intorno delle guaine queste saranno preventivamente risanate mediante iniezione secondo le procedure previste nella specifica sezione "RISANAMENTO DELL'INTRADOSSO TRAVI IN PRESENZA DI CAVITA' E RELATIVA INIEZIONE DELLE STESSE".

4.2 MATERIALI

4.2.1 RESINA EPOSSIDICA A BASSISSIMA VISCOSITÀ PER INIEZIONI

Resina epossidica a bassissima viscosità per iniezioni)

Per il riempimento delle guaine devono essere usate resine epossidiche superfluide esenti da solventi. La resina dovrà rispondere ai seguenti requisiti prestazionali essenziali ed aggiuntivi richiesti dalla norma armonizzata UNI EN 1504-5. In particolare:

	Metodo di prova	Valori di riferimento per le resine da inieizione

Adesione mediante forza di aderenza per trazione	EN 12618-2	Rottura coesiva del substrato
Ritiro volumetrico	EN 12617-2	≤ + 3 %
Temperatura di transizione vetrosa	EN 12614	≥40 ° C
Tempo di iniettabilità in mezzo asciutto	EN 1771	< 4 min per fessure da 0,1 mm < 8 min per fessure da 0,2 mm Trazione indiretta > 7 MPa
Tempo di iniettabilità in mezzo non asciutto	EN 1771	< 4 min per fessure da 0,1 mm < 8 min per fessure da 0,2 mm Trazione indiretta > 7 MPa
Sviluppo della resistenza a trazione a 10° dopo 72h	EN 1543	>3 MPa
Durabilità, cicli termici e di bagnato asciutto	EN 12618-2	Rottura coesiva del substrato
Adesione mediante resistenza al taglio inclinato	EN 12618-3	Rottura monolitica

In aggiunta alle caratteristiche prestazionali essenziali sopra elencate, la resina di iniezione è opportuno rispetti le ulteriori prescrizioni progettuali:

Prestazioni aggiuntive	Metodo di prova	Valori di riferimento
Resistenza a trazione	EN ISO 527	≥ 35 N/mm^2
Viscosità Brookfield	EN ISO 3219	Valore consigliato 300-400 mPa s
Modulo elastico a trazione	EN ISO 527	≥ 2000 N/mm^2

4.2.2 BETONCINO CEMENTIZIO PREMISCELATO COLABILE

Elenco Prezzi:B.09.230.a – Colabile espansivo pre miscelato

Betoncino cementizio premiscelato colabile, a ritiro compensato e a presa normale, ad elevata duttilità, composto da cementi ad alta resistenza, aggregati selezionati, fibre sintetiche in poliacrilonitrile, fibre inorganiche e speciali additivi per la ricostruzione di strutture in calcestruzzo. Il betoncino dovrà essere miscelato con opportuno additivo anti ritiro (SRA).
Il prodotto dovrà essere applicato su sottofondo pulito e saturo di acqua, mediante pompa per calcestruzzo, in casseri a tenuta, in uno spessore compreso tra 50 e 100 mm. Dopo lo scassero il getto dovrà essere protetto dall'evaporazione rapida dell'acqua d'impasto mediante stagionatura umida o con una mano di agente antievaporante a solvente.

Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti prestazionali essenziali ed aggiuntivi previsti dalla norma armonizzata UNI EN 1504 parte 3 per le malte strutturali di classe R4. In particolare:

Caratteristiche prestazionali essenziali	Metodo di prova	Valori di riferimento per la malta di classe R4
Resistenza a compressione	EN 12190	≥ 45 MPa
Contenuto di ioni cloruro	EN 1015-17	≤ 0,05%
Legame di aderenza	EN 1542	≥ 2MPa
Durabilità – resistenza alla carbonatazione	EN 13295	dk ≤ cls di controllo
Durabilità, compatibilità termale, gelo-disgelo.	EN 13687-1	Forza di legame ≥ 2 MPa dopo 50 cicli
Modulo elastico	EN 13412	≥ 20 MPa
Assorbimento capillare (permeabilità all'acqua)	EN 13057	≤ 0,5 kgm2h-0,5

In aggiunta alle caratteristiche prestazionali essenziali sopra elencate, la malta R4 deve rispettare le ulteriori prescrizioni progettuali:

Prestazioni aggiuntive	Metodo di prova	Valori di riferimento
Resistenza alla flessione	EN 1015-11	≥ 7 MPa
Resistenza allo sfilamento delle barre in acciaio	RILEM – CEB – FIB RC6 -78	≥ 25 MPa
Risultato all'O-ring test	-	Nessuna fessurazione dopo 180 giorni
Espansione contrastata all'aria	UNI 8147 (metodo A)	≥ 400 µm/m
Prova di inarcamento		Campione convesso
Assorbimento capillare	EN 13057	< 0,1 kg/m^{2}h^{0,5}
Resistenza al fuoco	EN 13501-1	Classe A1

4.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI

4.3.1 GENERALITÀ

La tecnica di intervento per il ripristino dell'iniezione delle guaine dei cavi esistenti può essere sintetizzata nelle seguenti fasi:

- individuazione del tracciato dei cavi;
- localizzazione delle guaine;
- rimozione della sigillatura delle testate;
- istallazione dei tubetti di iniezione ed operazioni propedeutiche all'iniezione;
- iniezione delle guaine;
- sigillature delle testate e ripristini;

Le operazioni di iniezione delle guaine potranno essere iniziate solo dopo l'esecuzione degli interventi relativi al rifacimento del fondello trave e all'eventuale riempimento delle cavità come descritti precedentemente.

4.3.2 INDIVIDUAZIONE DEL TRACCIATO DEI CAVI

L'individuazione del presumibile tracciato dei cavi di precompressione sarà preliminarmente eseguita mediante misure geometriche, effettuate con riferimento ai disegni di progetto disponibili e con l'ausilio di sondaggi eseguiti con apposita apparecchiatura elettromagnetica e/o ad ultrasuoni.

4.3.3 LOCALIZZAZIONE DELLE GUAINE

Si procederà quindi alla materiale localizzazione delle guaine mediante tasselli effettuati con microdemolitori, con un passo di 3-4 m su ogni cavo, partendo dal centro della trave e procedendo verso le testate.

4.3.4 RIMOZIONE DELLA SIGILLATURA DELLE TESTATE

In corrispondenza delle testate di ancoraggio dei cavi da iniettare si eseguirà la rimozione della sigillatura delle stesse mediante idonei mezzi di demolizione atti a non danneggiare i dispositivi di ancoraggio.
Le testate saranno accuratamente pulite rimuovendo eventuali tracce di incrostazioni o corrosione.
Si procederà quindi all'individuazione del foro di iniezione originario, liberandolo da ostruzioni eventualmente mediante riperforatura con trapano.
Nel caso di testate di ancoraggio poste all'estradosso delle travi si procederà alla demolizione localizzata di una sufficiente porzione di soletta, con idonei mezzi demolitori, per la profondità necessaria al raggiungimento della testata.

4.3.5 ISTALLAZIONE DEI TUBETTI DI INIEZIONE ED OPERAZIONI PROPEDEUTICHE ALL'INIEZIONE

Non tutti i tasselli serviti per localizzare e valutare lo stato delle guaine saranno attrezzati per l'iniezione, ma soltanto quelli ritenuti 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.
Tubetti di iniezione verranno introdotti anche nei fori degli ancoraggi dei cavi, preliminarmente scoperti e puliti, eventualmente riperforati con trapano, quindi stuccati con pasta collante epossidica.
I tasselli non utilizzati per l'iniezione delle guaine saranno chiusi mediante malta, tissotropica da ripristino.
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 secondo le modalità descritte nelle specifiche sezioni.
Dopo almeno 48 ore dall'ultimazione delle operazioni di sigillatura dei tubetti e 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.

4.3.6 INIEZIONE DELLE GUAINE

Le operazioni di iniezione delle guaine, da realizzarsi con tecnica tradizionale (non sottovuoto), prevedono l'iniezione di resina epossidica a bassissima viscosità scegliendo il punto iniziale in base alle risultanze della soffiatura.
In linea di massima sarà conveniente partire dai fori di iniezione in mezzeria della trave 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.
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.

4.3.7 SIGILLATURE DELLE TESTATE E RIPRISTINI

Ad indurimento della resina avvenuto si procederà innanzitutto alla rimozione dei tubetti di iniezione.
Si eseguirà quindi il ripristino della sigillatura delle testate mediante betoncino cementizio premiscelato colabile su supporto pulito e saturo d'acqua.
Nel caso di ancoraggi all'estradosso travi si procederà al ripristino della porzione di soletta precedentemente demolita
Si eseguirà in tal caso la preventiva risagomatura o ripristino di armature esistenti che dovessero essere state danneggiate durante le fasi di demolizione, con barre di armatura tipo B450 C.
Per avere la certezza che il supporto sia pulito al momento del ripristino è consigliabile effettuare la pulizia immediatamente prima dell'applicazione del materiale, dopo che tutte le altre operazioni di preparazione siano state ultimate.
Si dovranno pertanto asportare con i mezzi più opportuni le polveri e le parti incoerenti in fase di distacco eventualmente ancora presenti dopo la demolizione del calcestruzzo, l'ossido eventualmente presente sui ferri di armatura, le impurità, le tracce di grassi, oli e sali aggressivi, ottenendo cosi una superficie composta da un conglomerato cementizio sano, pulito e compatto.
Per l'applicazione di materiali cementizi a ritiro compensato è consigliabile effettuare la pulizia della superficie di supporto mediante lavaggio con acqua in pressione (80-100 Bar e acqua calda nel periodo invernale).
L'operazione di pulizia con acqua in pressione, se eseguita immediatamente prima dell'applicazione del materiale, consente anche la saturazione del calcestruzzo, comunque necessaria per una corretta applicazione dei materiali a ritiro compensato.
Si eseguirà in fine il pretrattamento promotore di adesione fra vecchi e nuovi getti con particolare soluzione acquosa di resine acrilico-viniliche stese a pennello, rullo o spruzzo.
Il ripristino sarà eseguito mediante betoncino cementizio fibrorinforzato premiscelato colabile.

5 TRATTAMENTO PROTETTIVO DELLE SUPERFICI IN CALCESTRUZZO

5.1 GENERALITA'

Si richiede l'applicazione di un trattamento di protezione della superficie in calcestruzzo delle travi e dei trasversi al fine di aumentare la durabilità dell'intervento eseguito. Il trattamento protettivo sarà applicato una volta terminato tutte le operazioni preliminari sopra descritte.

5.2 MATERIALI

5.2.1 TRATTAMENTO PROTETTIVO

Elenco Prezzi:B.09.215.a – Malte preconfezionate additivate con polimeri spessore minimo 2 mm

Applicazione di un rivestimento protettivo superficiale in polimero-cemento, flessibile e con proprietà di crack bridging, dato a spatola o spruzzo avente spessore compreso fra i 2 e 3 mm. Il sistema deve essere impermeabile al cloro e ai cloruri. Il coefficiente di diffusione dell'anidride carbonica (K) deve essere compreso fra 0,25 e 0,30.
Il protettivo elastoplastico non va applicato con temperature inferiori ai 5° C e su superfici contestualmente esposte all'irraggiamento del sole battente.
Nel caso di applicazione su malte da ripristino aspettare che queste siano maturate almeno 20 giorni.
Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti prestazionali essenziali ed aggiuntivi previsti dalla norma armonizzata UNI EN 1504 parte 2 (secondo i principi PI, MC e IR) per i rivestimenti superficiali. In particolare:

Caratteristiche prestazionali essenziali	Metodo di prova	Valori di riferimento per il rivestimento secondo ~~UNI~~ EN 1504-2
Permeabilità alla CO_2	EN 1062-6 (Metodo B)	S_D> 50 m
Permeabilità al vapore acqueo	EN ISO 7783-1	S_D< 5 m
Assorbimento capillare e permeabilità all'acqua libera	EN 1062-3	W < 0,1 kg/m^{2}h^{0,5}
Adesione al calcestruzzo per trazione diretta (per sistemi flessibili senza traffico)	EN 1542	≥ 0,8 N/mm^2
Compatibilità termica ai cicli di gelo – disgelo misurata come aderenza (per sistemi flessibili senza traffico)	EN 13687-1	≥ 0,8 N/mm^2
Crack bridging statico a -20°C	EN 1062-7	Classe A3 (>0,5 mm)

Il prodotto dovrà avere una consistenza e un tempo di inizio presa tali da consentire una agevole applicazione a spruzzo o a spatola.

5.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI

5.3.1 PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

Il trattamento potrà essere applicato sia su superficie preliminarmente ricostruite con malte tissotropiche e/o colabili che su superficie alle quali non sia stato fatto alcun intervento di ricostruzione precedentemente.
Il supporto, sia ricostruito che originario, sarà preparato mediante idrolavaggio da eseguirsi con idropulitore a pressione al fine di eliminare eventuale polvere di smog, incrostazioni, polveri ecc..
La superficie deve essere pulita e pronta a ricevere il trattamento protettivo.
Nel caso l'operazione di idrolavaggio eseguita sulle strutture originarie provochi distacchi di materiale, prima della applicazione del trattamento protettivo, dovranno essere risarciti con malte tissotropiche da ripristino.

5.3.2 APPLICAZIONE DEL TRATTAMENTO PROTETTIVO

Il protettivo elastoplastico non va applicato con temperature inferiori ai 5° C e su superfici contestualmente esposte all'irraggiamento del sole battente.
Il primer va applicato sulla superficie pulita, priva di muschi ed altri contaminanti.
Nel caso di applicazione su malte da ripristino aspettare che queste siano maturate almeno 20 giorni.
Il prodotto dovrà avere una consistenza e un tempo di inizio presa tali da consentire una agevole applicazione a spruzzo o a spatola.

6 RINFORZO STRUTTURALE DELLE TRAVI DI IMPALCATO MEDIANTE L'UTILIZZO DI PLACCAGGI METALLICI

6.1 GENERALITÀ

Nel presente articolo vengono trattati i materiali ed i magisteri inerenti il rinforzo di travi in CAP mediante l'introduzione di elementi passivi resistenti a trazione. Detti elementi saranno disposti all'intradosso della trave e costituiti la lamiere metalliche ad essa collegate mediante l'inghisaggio chimico di connettori costituiti da barre metalliche filettate.
Il rinforzo si rende necessario nei casi in cui, a causa delle difettosità di getto originarie delle travi, da risanare come precedentemente specificato nel presente capitolato, non si è ottenuta l'aderenza tra la trave in calcestruzzo ed i cavi di precompressione.

Le indagini preliminari al progetto di riparazione hanno individuato le zone in cui si sono manifestate dette cavità e, conseguentemente, le travi in cui detti rinforzi si rendono necessari.
Nella fase di indagine precedente il progetto le cavità sono state individuate ed aperte mediante martellamento a mano dell'intradosso delle travi.
Si specifica che, qualora nella fase di risanamento del martello dovessero palesarsi una o più cavità non individuate nelle indagini preliminari al progetto, in particolare su travi per le quali non si prevede in progetto di eseguire interventi di rinforzo, se ne darà immediata comunicazione alla DL.
La DL, sentito anche il parere del Progettista, valuterà l'opportunità di prevedere, anche per detta trave, la messa in opera di interventi di rinforzo da definire in base al grado degli ammaloramenti rilevati.

6.2 MATERIALI

6.2.1 RESINA PER FISSAGGI DI BARRE FILETTATE

Fissaggio di elementi in acciaio (quali piastre o elementi di carpenteria metallica in genere) su elementi strutturali in calcestruzzo mediante ancoraggio chimico ad iniezione di barre filettate di diametro compreso tra 8 e 40 mm.
L'ancoraggio avverrà mediante utilizzo di un adesivo composto da resina a base epossidica. Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti prestazionali essenziali previsti dalla norma armonizzata UNI EN 1504 parte 6 per i sistemi di ancoraggio delle barre di armatura nel calcestruzzo. In particolare:

	Metodo di prova	Valori di riferimento per le resine da inieizione
Resistenza allo sfilamento delle barre di acciaio (spostamento relativo ad un carico di 75 kN)	EN 1881	≤ 0,6 mm
Scorrimento viscoso	EN 1544	≤ 0,6 mm
Temperatura di transizione vetrosa	EN 12614	>45 ° C
Resistenza a compressione	EN 12190	>80 % del valore dichiarato dal produttore (dopo 7 gg in MPa)

6.2.2 BARRE FILETTATE DADI E ROSETTE

Barre a filettatura metrica continua di classe 5.6 o 5.8 le cui caratteristiche sono di seguito specificate:

- Tensione di snervamento fyb ≥ 300 N/mmq
- Tensione di rottura ftb ≥ 500 N/mmq
- Acciaio galvanizzato ≥5μm
- Acciaio zincato a caldo ≥45μm

Rosette ISO 7089 in acciaio galvanizzato zincato a caldo

Dado classe 8

- Acciaio galvanizzato ≥5μm
- Acciaio zincato a caldo ≥45μm

6.2.3 ADESIVO EPOSSIDICO PER INCOLLAGGI STRUTTURALI

Si veda paragrafo 3.1.3

6.2.4 RESINA EPOSSIDICA A BASSISSIMA VISCOSITÀ PER INTASAMENTI

Si veda paragrafo...3.1.2

6.2.5 CARPENTERIE METALLICHE

Le carpenterie metalliche degli elementi di rinforzo, in acciaio S355J2G1W di tipo autoprotetto, saranno realizzate secondo le specifiche costruttive e di tolleranza previste nella sezione del "Capitolato Speciale d'Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Ponti E Viadotti In Acciaio"

6.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI

6.3.1 GENERALITÀ

La tecnica di intervento per il rinforzo mediante placcaggi metallici può essere sintetizzata nelle seguenti fasi:

- inghisaggio delle barre di prima fase;
- montaggio delle lamiere di rinforzo;
- esecuzione delle giunzioni saldate;
- intasamento dei giochi costruttivi di montaggio;
- completamento dell'inghisaggio delle restanti barre;

6.3.2 INGHISAGGIO DELLE BARRE DI PRIMA FASE

Per ciascuno dei segmenti di lamiera da montare si predisporrà l'inghisaggio di un numero di barre filettate di connessione strettamente necessario al sostegno in posizione del rinforzo (minimo 4 barre per segmento da disporre nella posizione ritenuta più congrua).
Il posizionamento dei fori pilota sarà eseguito mediante apposita dima.
La foratura del supporto in calcestruzzo, con diametro e profondità indicata sugli elaborati di progetto, sarà eseguita a roto-percussione.
In presenza di ferri di armatura ordinaria che dovessero interferire con l'esecuzione del foro si procederà al taglio degli stessi mediante carotatore per poi proseguire l'esecuzione della restante parte del foro mediante roto-percussione.

Per garantire la tenuta del fissaggio occorre pulire accuratamente il foro con getto d'aria e con scovolino ed eventualmente asciugare il foro se bagnato.
Si procederà quindi all'iniezione della resina all'interno del foro per poi inserire manualmente la barra in acciaio con movimento rotatorio al fine di distribuire la resina uniformemente su tutta la superficie.
Per profondità del foro maggiori di 15/20 cm, affinché l'iniezione della resina raggiunga la profondità desiderata, è opportuno servirsi di apposito tubo miscelatore da collegare all'estremità dell'ugello.
Una volta erogata la resina all'interno del foro occorre che le barre siano posizionate entro un determinato tempo di lavoro quindi mantenute in posizione, senza intervenire, fino a completo indurimento, secondo quanto riportato nelle indicazioni presenti nella scheda tecnica del prodotto impiegato.

6.3.3 MONTAGGIO DELLE LAMIERE DI RINFORZO

Sarà cura dell'impresa l'esecuzione di un rilievo preliminare per la definizione della geometria effettiva della trave e verificarne la rispondenza con quanto indicato nei disegni di progetto nonché la compatibilità con la geometria degli elementi di rinforzo; ciò tenuto debitamente in conto che il martello della trave sarà oggetto di interventi di ripristino/ricostruzione.
Le lamiere di rinforzo saranno messe in opera mediante adesivo epossidico per incollaggio da applicare a spatola, con rasatura a zero sul supporto in calcestruzzo (relativamente alla superficie di intradosso della trave) e con spessore di 1-2 mm da applicare sul fondo della lamiera di acciaio.
Si procederà quindi all'incollaggio delle lamiere e serraggio dei bulloni delle barre di prima fase, previa posa in opera delle rosette e piastrame, così come specificato negli elaborati di progetto e sigillatura del gioco tra piastra e barra utilizzando il medesimo prodotto adottato per l'esecuzione degli ancoraggi o, in alternativa, mediante adesivo epossidico per incollaggi.

6.3.4 ESECUZIONE DELLE GIUNZIONI SALDATE

Si procederà quindi alla posa in opera dei coprigiunti di collegamento tra i vari segmenti ed all'esecuzione in opera delle saldature di collegamento come da elaborati di progetto e secondo quanto prescritto nella sezione del "Capitolato Speciale d'Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Ponti E Viadotti In Acciaio".

6.3.5 INTASAMENTO DEI GIOCHI COSTRUTTIVI DI MONTAGGIO

Si procederà quindi all'intasamento dei giochi costruttivi (6 mm nominali) tra i risvolti della lamiera ed il martello della trave, mediante colatura o iniezione di resine epossidiche a bassissima viscosità, previa sigillatura, con i mezzi ritenuti più idonei, delle fughe laterali e delle forature delle lamiere.

6.3.6 COMPLETAMENTO DELL'INGHISAGGIO DELLE RESTANTI BARRE

Si procederà in fine all'installazione delle restanti barre filettate, con le medesime modalità specificate al precedente paragrafo "Inghisaggio delle barre di prima fase" eseguendo le forature del supporto attraverso i prefori della lamiera di rinforzo, dotati di diametro opportunamente maggiorato e tale da consentire il passaggio della punta di perforazione.

7 RINFORZO STRUTTURALE DELLE TRAVI DI IMPALCATO MEDIANTE PRECOMPRESSIONE ESTERNA

7.1 GENERALITÀ

Nel presente articolo vengono trattati i materiali ed i magisteri inerenti il rinforzo di travi in CAP mediante l'introduzione di cavi di precompressione esterna. Per queste lavorazioni si rimanda, per quanto non specificamente indicato nel seguito, a quanto indicato in "Capitolato Speciale d'Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Opere d'arte maggiori Ponti e Viadotti".
Il rinforzo si rende necessario nei casi in cui, a causa delle difettosità originarie delle travi, da risanare come precedentemente specificato nel presente capitolato, l'assenza di protezione delle armature di precompressione ha causato fenomeni corrosivi delle stesse con conseguente riduzione della sezione resistente.
Le indagini preliminari al progetto di riparazione individuano le travi in cui detti rinforzi si rendono necessari.
Si specifica che, qualora nella fase di risanamento del martello dovessero palesarsi ulteriori casi di trefoli in avanzato stato di corrosione non individuati nelle indagini preliminari al progetto, in particolare su travi per le quali non si prevede in progetto di eseguire interventi di rinforzo, se ne darà immediata comunicazione alla DL.
La DL, sentito anche il parere del Progettista, valuterà l'opportunità di prevedere, anche per detta trave, la messa in opera di interventi di rinforzo da definire in base al grado degli ammaloramenti rilevati.

7.2 MATERIALI

7.2.1 GUAINA IN HDPE PER VIPLATURA DEI TREFOLI

La guaina in Polietilene ad Alta Densità dovrà essere tassativamente estrusa a caldo intorno al trefolo impregnato di grasso o cera di petrolio in accordo alle NF T 54-072 o altra normativa approvata dalla DL.

In assenza di indicazioni riportate nello ETA del fornitore, ci si dovrà attenere ai seguenti requisiti:

- Spessore minimo della guaina: 1,5 mm (-0, +0,25)
- Tensione minima di trazione allo snerva-mento 19 MPa

- Allungamento minimo a rottura: 350 %
- Percentuale di carbonio: 2,3% +/- 0,3%
- Resistenza agli agenti esterni:

la guaina, esposta per 1000 ore in atmosfera salina secondo le ASTM B 117T, deve garantire la protezione dell'acciaio contro la corrosione e non deve presentare un aumento della durezza Shore superiore al 20 %;
la guaina, esposta per 1200 ore alla prova di invecchiamento secondo le ASTM E 4260 type E, deve mantenere inalterate le sue caratteristiche meccaniche.

7.2.2 CERA DI PETROLIO O GRASSO

In assenza di indicazioni riportate nello ETA del fornitore, ci si dovrà attenere ai seguenti requisiti.

Il materiale prescelto e approvato dalla Direzione Lavori, dovrà avere consistenza solida a temperatura ambiente e liquida alla temperatura di iniezione; dovrà riempire completamente i vuoti tra i fili costituenti il trefolo e tra questo e la guaina per viplatura, rimanere flessibile e non ridursi di volume per 30 anni.
Le sue prestazioni dovranno rimanere inalterate in un campo di temperature comprese tra –30 C° e +60 C° e di umidità relativa 20%-100%, anche in ambiente salino, e dovrà impedire all'acqua di scorrere sui trefoli anche nel caso di rottura accidentale della guaina.

7.2.3 GUAINA DI PROTEZIONE ESTERNA

Le guaine saranno lisce, in Polietilene ad Alta Densità (HDPE) stabilizzato ai raggi U.V. le cui caratteristiche dovranno soddisfare le EN 12201, quando non diversamente autorizzato dalla D.L.
Esse, in assenza di indicazioni riportate nello ETA del fornitore, ci si dovrà attenere ai seguenti requisiti: avranno diametro interno sufficiente al contenimento del numero dei trefoli costituente il cavo, precisamente il rapporto tra la sezione trasversale totale dei trefoli e la sezione interna della guaina non dovrà essere superiore a 0,5; lo spessore tale da garantire la necessaria resistenza sia alle pressioni radiali che all'usura nelle zone di deviazione dei trefoli; il rapporto tra il diametro e lo spessore della guaina non dovrà essere superiore a 18 e comunque dovrà essere in grado di sopportare tutte le sollecitazioni che si hanno nella fase di montaggio, di eventuale iniezione ed in esercizio.
Qualora siano richieste saldature tra segmenti di guaina, queste dovranno essere fatte preferibilmente prima dell'infilaggio dei trefoli o, comunque, garantendo che i trefoli stessi non vengano danneggiati o dal surriscaldamento o dalle correnti di saldatura. L'appaltatore dovrà sottoporre all'approvazione della DL il metodo che intende seguire per assemblare i segmenti di guaina onde ottenere la lunghezza richiesta per ciascuno cavo.
Le guaine dovranno essere posate secondo il tracciato previsto a progetto e tenute in posizione prima dell'inizio dell'infilaggio dei trefoli. Esse saranno collegate ai dispositivi d'ancoraggio tramite elementi di transizione che garantiscano la perfetta tenuta.

7.2.4 CARPENTERIE METALLICHE

Le carpenterie metalliche degli elementi di rinforzo, in acciaio S355J2G1W di tipo autoprotetto, saranno realizzate secondo le specifiche costruttive e di tolleranza previste nella sezione del "Capitolato Speciale d'Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Opere d'arte maggiori Ponti e Viadotti".

7.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI

7.3.1 GENERALITÀ

La tecnica di intervento per il rinforzo mediante precompressione esterna può essere sintetizzata nelle seguenti fasi:

- Montaggio delle carpenterie metalliche;
- Messa in opera del sistema di precompressione;
- Tesatura dei cavi;
- Iniezioni;
- Sigillatura delle testate.

In aggiunta a quanto indicato in "Capitolato Speciale d'Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Opere d'arte maggiori Ponti e Viadotti", si precisa quanto riportato nei paragrafi successivi.

7.3.2 MONTAGGIO DELLE CARPENTERIE METALLICHE

La messa in opera del sistema di precompressione prevede il montaggio di elementi di carpenteria metallica quali blocchi di deviazione, blocchi di ancoraggio in testata e piastre di rinforzo la cui installazione sarà eseguita mediante le stesse tecniche, fasi e con i materiali già descritti nella precedente sezione "RINFORZO STRUTTURALE DELLE TRAVI DI IMPALCATO MEDIANTE L'UTILIZZO DI PLACCAGGI METALLICI" alla quale si rimanda integralmente, con le seguenti precisazioni:
I punti di deviazione dei cavi saranno realizzati tramite i dispositivi strutturali definiti in progetto previo controllo di compatibilità dei raggi di curvatura con i limiti indicati dal produttore del sistema di ancoraggio.
I blocchi di ancoraggio dei cavi in testata saranno realizzati tramite i dispositivi strutturali definiti in progetto previo controllo di compatibilità geometrica con le testate di ancoraggio del sistema di precompressione che si intende impiegare.
I blocchi di ancoraggio in testata saranno messi in opera mediante adesivo epossidico per incollaggio da applicare a spatola, con rasatura a zero sul supporto in calcestruzzo (relativamente alla superficie di testata della trave) e con spessore di 1-2 mm da applicare sulla parte in lamiera di acciaio, escludendo i risvolti.
Si procederà quindi all'intasamento dei giochi costruttivi tra i risvolti della lamiera e la testata della trave, mediante colatura o iniezione di resine epossidiche a bassissima viscosità, previa sigillatura, con mezzi ritenuti più idonei, delle fughe laterali e delle forature delle lamiere.

Si procederà in fine all'installazione delle barre filettate di ancoraggio, eseguendo le forature del supporto attraverso i prefori della lamiera di rinforzo in base alla procedura già precedentemente definita.

7.3.3 MESSA IN TENSIONE DEI CAVI

L'appaltatore, sulla base del tipo di ancoraggio prescelto, dovrà fornire preliminarmente le caratteristiche delle pompe e dei martinetti che utilizzerà; dovrà inoltre indicare, sulla base del piano di tesature approvato dalla D.L., la pressione da applicare ad essi per ottenere la tensione dei trefoli specificata in progetto tenuto conto delle perdite di carico che si hanno nel complesso ancoraggio-martinetto per attriti interni, rientro dei cunei, deviazioni dei cavi, etc.
Si procederà inoltre ad una verifica preliminare di compatibilità geometrica del sistema di tesatura con martinetto da impiegarsi, relativamente agli spazi disponibili.
Prima della tesatura verrà effettuata la taratura dei manometri con un manometro campione e verrà acquisita tutta la certificazione relativa alle attrezzature impiegate.
Verranno inoltre accuratamente puliti i trefoli secondo le procedure che dovranno essere indicate dalla ditta fornitrice.
La messa in tensione è subordinata all'ottenimento della resistenza minima del calcestruzzo, richiesta dagli elaborati di progetto, e dalla raggiunta funzionalità degli ancoranti.
Ottenuto il benestare da parte della D.L. per l'inizio delle operazioni di tesatura e, dopo aver completato le operazioni di posizionamento delle piastre di contrasto con le relative morsetterie, si procederà alle operazioni di tiro.
I cavi potranno essere tesati da una o da entrambe le estremità a mezzo di martinetti multitrefolo, capaci cioè di tendere contemporaneamente tutti i trefoli costituenti il cavo.

Solo in particolari esigenze costruttive, laddove non si possa utilizzare un martinetto multiplo, sarà ammesso, dietro approvazione della D.L., l'utilizzo di martinetti di tipo monotrefolo.
Le pressioni massime e di conseguenza le tensioni finali che andranno ad agire sui singoli cavi verranno raggiunte per gradini intermedi secondo quanto specificato sugli elaborati di progetto.
Per ogni singolo gradino di tesatura si dovrà riportare su apposite tabelle i relativi allungamenti dei cavi.
Tale operazione verrà ripetuta sino ad arrivare alle pressioni ed alle tensioni massime richieste dai programmi di tesatura con lettura finale degli allungamenti.
Durante tutte le operazioni di tiro sarà buona norma delimitare e proteggere le zone retrostanti le testate di ancoraggio per evitare il passaggio di personale non addetto alle operazioni stesse.

7.3.4 CONTROLLO DEGLI ALLUNGAMENTI

Per un corretto controllo degli allungamenti si procederà come segue:
Effettuare un primo gradino di messa in tensione ad una pressione di allineamento pari ad valore incluso fra 0,05 ÷ 0,10 della pressione finale Po.

L'allungamento corrispondente a questo gradino non deve essere preso in conto in quanto accumula un insieme di allungamenti di assestamento, di tipo non elastico, quali presa del martinetto, corda molle dei trefoli, allineamento martinetti ecc.
Ogni gradino di allungamento è ricavato per misura della corsa del pistone del martinetto (da misurare con asta millimetrata).
L'allungamento totale misurato in sito Ar, somma degli allungamenti parziali misurati in ciascuno step di carico, escludendo lo step iniziale di messa in tensione i cui allungamenti saranno computati con opportuna estrapolazione, dovrà situarsi nella forchetta compresa tra 0,95 e 1,10 dell'allungamento teorico calcolato Ao.
Si possono riscontrare le seguenti due anomalie:

- l'allungamento Ar è troppo elevato: si limiterà quindi la messa in tensione al valore di allungamento massimo (1,10xAo), annotando il valore di pressione raggiunto per ottenere detto allungamento; si sottoporrà quindi il risultato ottenuto all'attenzione della DL per la risoluzione dell'anomalia.
- L'allungamento Ar è inferiore a 0.95xAo: si terminerà quindi la messa in tensione alla pressione finale Po; si sottoporrà quindi il risultato ottenuto all'attenzione della DL per la risoluzione dell'anomalia.

Secondo la lunghezza dei cavi e la corsa dei martinetti può essere necessario effettuare più riprese di tesatura per ottenere la tensione finale.

7.3.5 INIEZIONI

Non è prevista l'iniezione della guaine a protezione dei trefoli in quanto si prevede l'utilizzo di trefoli zincati, singolarmente ingrassati e viplati.

7.3.6 SIGILLATURA DELLE TESTATE

Le testate di ancoraggio dei cavi saranno sigillate mediante apposita cuffia amovibile in polietilene ad alta densità HDPE, stabilizzata ai raggi U.V., successivamente iniettata con cera di petrolio o grasso.

8 RINFORZO STRUTTURALE DEI TRASVERSI DI IMPALCATO MEDIANTE PRECOMPRESSIONE ESTERNA

8.1 GENERALITÀ

Nel presente articolo vengono trattati i materiali ed i magisteri inerenti il rinforzo dei trasversi (in c.a. o c.a.p) di impalcato mediante l'introduzione di barre di precompressione esterna. Per queste lavorazioni si rimanda, per quanto non specificamente indicato nel seguito, a quanto indicato in "Capitolato Speciale d'Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Opere d'arte maggiori Ponti e Viadotti".

Il rinforzo si rende necessario quando sussistono fenomeni di corrosione avanzata della precompressione esistente ovvero quando, applicando interventi di rinforzo ad alcune delle travi costituenti l'impalcato mediante precompressione aggiuntiva, si verificano sui trasversi esistenti stati tensionali dovuti a sollecitazioni aggiuntive non congruenti con la capacità resistente del trasverso stesso.

8.2 MATERIALI

8.2.1 GUAINA DI PROTEZIONE ESTERNA

Le guaine saranno lisce, in Polietilene ad Alta Densità (HDPE) stabilizzato ai raggi U.V. le cui caratteristiche dovranno soddisfare le EN 12201, quando non diversamente autorizzato dalla D.L.
Esse avranno diametro interno specificato in progetto.
Qualora siano richieste saldature tra segmenti di guaina, queste dovranno essere fatte preferibilmente prima dell'infilaggio delle barre o, comunque, garantendo che esse non vengano danneggiate o dal surriscaldamento o dalle correnti di saldatura. L'appaltatore dovrà sottoporre all'approvazione della DL il metodo che intende seguire per assemblare i segmenti di guaina onde ottenere la lunghezza richiesta.
Le guaine dovranno essere posate secondo il tracciato previsto a progetto e tenute in posizione prima dell'inizio dell'infilaggio delle barre. Esse saranno collegate ai dispositivi d'ancoraggio tramite elementi di transizione che garantiscano la perfetta tenuta.

8.2.2 CARPENTERIE METALLICHE

Le carpenterie metalliche degli elementi di rinforzo, in acciaio S355J2G1W di tipo autoprotetto, saranno realizzate secondo le specifiche costruttive e di tolleranza previste nella sezione del "Capitolato Speciale d'Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Opere d'arte maggiori Ponti e Viadotti".

8.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI

La tecnica di intervento per il rinforzo mediante precompressione esterna può essere sintetizzata nelle seguenti fasi:

- Montaggio delle carpenterie metalliche;
- Messa in opera del sistema di precompressione;
- Tesatura delle barre;
- Iniezioni;
- Sigillatura delle testate.

In aggiunta a quanto indicato in "Capitolato Speciale d'Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Opere d'arte maggiori Ponti e Viadotti", si precisa quanto riportato nei paragrafi successivi.

8.3.1 MONTAGGIO DELLE CARPENTERIE METALLICHE

La messa in opera del sistema di precompressione prevede il montaggio di elementi di carpenteria metallica quali blocchi di ancoraggio e piastre di rinforzo la cui installazione sarà eseguita mediante le stesse tecniche, fasi e con i materiali già descritti nella precedente sezione "RINFORZO STRUTTURALE DELLE TRAVI DI IMPALCATO MEDIANTE L'UTILIZZO DI PLACCAGGI METALLICI" alla quale si rimanda integralmente, con le seguenti precisazioni:
I blocchi di ancoraggio in testata saranno realizzati tramite i dispositivi strutturali definiti in progetto previo controllo di compatibilità geometrica con le testate di ancoraggio del sistema di precompressione che si intende impiegare.
I blocchi di ancoraggio in testata saranno messi in opera mediante adesivo epossidico per incollaggio da applicare a spatola, con rasatura a zero sul supporto in calcestruzzo (relativamente alla superficie di testata della trave) e con spessore di 1-2 mm da applicare sulla parte in lamiera di acciaio, escludendo i risvolti.
Si procederà quindi all'intasamento dei giochi costruttivi tra i risvolti della lamiera e la testata del trasverso, mediante colatura o iniezione di resine epossidiche a bassissima viscosità, previa sigillatura, con mezzi ritenuti più idonei, delle fughe laterali e delle forature delle lamiere.
Si procederà in fine all'installazione delle barre filettate di ancoraggio, eseguendo le forature del supporto attraverso i prefori della lamiera di rinforzo in base alla procedura già precedentemente definita.

8.3.2 MESSA IN TENSIONE DELLE BARRE.

L'appaltatore, sulla base del tipo di ancoraggio prescelto, dovrà fornire preliminarmente le caratteristiche delle pompe e dei martinetti che utilizzerà; dovrà inoltre indicare, sulla base del piano di tesature approvato dalla D.L., la pressione da applicare ad essi per ottenere la tensione delle barre specificata in progetto tenuto conto delle perdite di carico che si hanno nel complesso ancoraggio-martinetto per attriti interni, assestamenti etc.
Si procederà inoltre ad una verifica preliminare di compatibilità geometrica del sistema di tesatura con martinetto da impiegarsi, relativamente agli spazi disponibili.
Prima della tesatura verrà effettuata la taratura dei manometri con un manometro campione e verrà acquisita tutta la certificazione relativa alle attrezzature impiegate.
La messa in tensione è subordinata all'ottenimento della resistenza minima del calcestruzzo, richiesta dagli elaborati di progetto, e dalla raggiunta funzionalità degli ancoranti.
Ottenuto il benestare da parte della D.L. per l'inizio delle operazioni di tesatura e, dopo aver completato le operazioni di posizionamento delle piastre di contrasto, si procederà alle operazioni di tiro.
Le barre saranno tesate secondo il piano di tesatura specificato in progetto: le pressioni massime e di conseguenza le tensioni finali che andranno ad agire sulle barre verranno raggiunte per gradini intermedi secondo quanto specificato sugli elaborati di progetto.

Per ogni singolo gradino di tesatura si dovrà riportare su apposite tabelle i relativi allungamenti delle barre.
Tale operazione verrà ripetuta sino ad arrivare alle pressioni ed alle tensioni massime richieste dai programmi di tesatura con lettura finale degli allungamenti.
Durante tutte le operazioni di tiro sarà buona norma delimitare e proteggere le zone retrostanti le testate di ancoraggio per evitare il passaggio di personale non addetto alle operazioni stesse.

8.3.3 CONTROLLO DEGLI ALLUNGAMENTI

Per un corretto controllo degli allungamenti si procederà come segue:
Effettuare un primo gradino di messa in tensione ad una pressione di allineamento pari ad valore incluso fra 0,05 ÷ 0,10 della pressione finale Po.
L'allungamento corrispondente a questo gradino non deve essere preso in conto in quanto accumula un insieme di allungamenti di assestamento, di tipo non elastico, quali presa del martinetto, assestamenti, allineamento martinetti ecc.
Ogni gradino di allungamento è ricavato per misura della corsa del pistone del martinetto (da misurare con asta millimetrata).
L'allungamento totale misurato in sito Ar, somma degli allungamenti parziali misurati in ciascuno step di carico, escludendo lo step iniziale di messa in tensione i cui allungamenti saranno computati con opportuna estrapolazione, dovrà situarsi nella forchetta compresa tra 0,95 e 1,10 dell'allungamento teorico calcolato Ao.
Si possono riscontrare le seguenti due anomalie:

- l'allungamento Ar è troppo elevato: si limiterà quindi la messa in tensione al valore di allungamento massimo (1,10xAo), annotando il valore di pressione raggiunto per ottenere detto allungamento; si sottoporrà quindi il risultato ottenuto all'attenzione della DL per la risoluzione dell'anomalia.
- L'allungamento Ar è inferiore a 0.95xAo: si terminerà quindi la messa in tensione alla pressione finale Po; si sottoporrà quindi il risultato ottenuto all'attenzione della DL per la risoluzione dell'anomalia.

Secondo la lunghezza delle barre e la corsa dei martinetti può essere necessario effettuare più riprese di tesatura per ottenere la tensione finale.

8.3.4 INIEZIONI

Le guaine vengono iniettate con metodologia tradizionale utilizzando boiacca di cemento; si rimanda alle prescrizioni relative riportate in "Capitolato Speciale d'Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Calcestruzzi E Acciai Per CA e CAP".

8.3.5 SIGILLATURA DELLE TESTATE

Le testate di ancoraggio delle barre saranno sigillate mediante apposita cuffia amovibile in polietilene ad alta densità HDPE, stabilizzata ai raggi U.V., successivamente iniettata con cera di petrolio o grasso.

9 INTERVENTI CON MATERIALI FIBRORINFORZATI

9.1 GENERALITÀ

Nel presente articolo vengono trattati i materiali ed i magisteri inerenti il ripristino di elementi strutturali in c.a. e c.a.p. con malte e betoncini fibrorinforzati a comportamento incrudente. Le malte ed i betoncini fibrorinforzati devono essere marcati secondo la 1504-3.

9.2 MATERIALI

9.2.1 BETONCINI FIBRORINFORZATI

Per il ripristino si utilizzerà una betoncino premiscelato colabile ad alta resistenza (Rcm>85 MPa) e fibre di acciaio o di diversa natura disperse nella matrice. La malta dovrà essere addizionata con opportuno additivo anti ritiro (SRA) per consentire la corretta espansione all'aria del materiale. L'applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto asportando il calcestruzzo ammalorato fino ad ottenere un sottofondo solido, esente da parti in distacco e sufficientemente ruvido. Il prodotto dovrà essere applicato su sottofondo pulito e saturo di acqua in uno spessore compreso tra 1 e 5 cm per strato.
Il prodotto per la ricostruzione delle sezioni di solette e trave dovrà rispondere ai requisiti prestazionali essenziali ed aggiuntivi previsti dalla norma armonizzata UNI EN 1504 parte 3 per le malte strutturali di classe R4. In particolare:

Caratteristiche prestazionali essenziali	Metodo di prova	Valori di riferimento per la malta di classe R4
Resistenza a compressione	EN 12190	≥ 45 MPa
Contenuto di ioni cloruro	EN 1015-17	≤ 0,05%
Legame di aderenza	EN 1542	≥ 2MPa
Durabilità – resistenza alla carbonatazione	EN 13295	dk ≤ cls di controllo
Durabilità, compatibilità termale, gelo-disgelo.	EN 13687-1	Forza di legame ≥ 2 MPa dopo 50 cicli
Modulo elastico	EN 13412	≥ 20 MPa

In aggiunta alle caratteristiche prestazionali essenziali sopra elencate, la malta R4 deve rispettare le ulteriori prescrizioni progettuali:

Prestazioni aggiuntive	Metodo di prova	Valori di riferimento
Resistenza alla flessione	EN 196/1	≥ 30 MPa
Resistenza alla flesso-trazione	UNI EN 14651	f_{rm1}≥11 MPa e f_{rm3}≥11 MPa
Ritiro contrastato	-	< 200 µm/m
Diametro massimo dell'aggregato		≤ 6 mm
Resistenza al fuoco	EN 13501-1	Classe A1

Il prodotto per la ricostruzione di cordoli, pulvini e pile dovrà rispondere ai requisiti prestazionali essenziali ed aggiuntivi previsti dalla norma armonizzata UNI EN 1504 parte 3 per le malte strutturali di classe R4. In particolare:

Caratteristiche prestazionali essenziali	Metodo di prova	Valori di riferimento per la malta di classe R4
Resistenza a compressione	EN 12190	≥ 45 MPa
Contenuto di ioni cloruro	EN 1015-17	≤ 0,05%
Legame di aderenza	EN 1542	≥ 2MPa
Durabilità – resistenza alla carbonatazione	EN 13295	dk ≤ cls di controllo
Durabilità, compatibilità termale, gelo-disgelo.	EN 13687-1	Forza di legame ≥ 2 MPa dopo 50 cicli
Modulo elastico	EN 13412	≥ 20 MPa

In aggiunta alle caratteristiche prestazionali essenziali sopra elencate, la malta R4 deve rispettare le ulteriori prescrizioni progettuali:

Prestazioni aggiuntive	Metodo di prova	Valori di riferimento
Resistenza alla flesso-trazione	UNI EN 14651	f_{rm1}≥6,5 MPa e f_{rm3}≥7 MPa
Diametro massimo dell'aggregato		≤ 10 mm
Resistenza al fuoco	EN 13501-1	Classe A1

9.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI

9.3.1 STAGIONATURA

Una corretta stagionatura è fondamentale per evitare la formazione di fessure dovute all'immediata evaporazione di parte dell'acqua di impasto sotto l'azione del sole e del vento.
Ultimate le operazioni di finitura superficiale si procederà quindi ad accurata stagionatura dei betonicni mediante applicazione di acqua nebulizzata per almeno 48 ore dopo l'applicazione e la successiva immediata protezione della stessa superficie.

9.3.2 ACCETTAZIONE IN CORSO D'OPERA

Ai fini della valutazione della qualità del materiale fornito, i possibili controlli che la Direzione Lavori potrà richiedere sono riportati nella tabella sottostante.
Le prove dovranno essere ripetute con la frequenza ritenuta necessaria dalla Direzione Lavori.

Tipo FRC	Tipo controllo	Metodo
FRC fresco	Corretta miscelazione	Ispezione visiva secondo UNI EN 206-1 (compreso il controllo della uniforme distribuzione delle fibre) e rispetto dei tempi di miscelazione dichiarati dal fornitore
FRC fresco	Classe di consistenza	Abbassamento al cono secondo UNI EN 12350-2 o prova di spandimento secondo UNI EN 12350-8
FRC indurito	Resistenza a compressione a 1gg su due campioni	Verifica secondo UNI EN 12390-3
FRC indurito	Resistenza a compressione a 3gg su due campioni	Verifica secondo UNI EN 12390-3
FRC indurito	Resistenza a compressione a 7gg su due campioni	Verifica secondo UNI EN 12390-3
FRC indurito	Resistenza a compressione a 28gg su due campioni	Verifica secondo UNI EN 12390-3
FRC indurito	Resistenze a flessione residue fR3m e fR1m a 28gg	Verifica secondo UNI EN 14651
FRC indurito	Distribuzione omogenea fibre	Microcarotaggi su opere realizzate per eseguire ispezione visiva

* valida solo per fibre metalliche

10 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

10.1 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.

10.2 CRITERI DI MISURA

10.2.1 CONGLOMERATI CEMENTIZI

I conglomerati cementizi (malte e betoncini) saranno computati a volume, con metodi geometrici.
Non saranno dedotti dai volumi:
i volumi del ferro di armatura;
i volumi dei cavi per la precompressione;

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.

10.2.2 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.

10.2.3 ACCIAIO PER C.A.

L'acciaio in barre per armatura 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.

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.05.27- Rev. 1

Impianti Tecnologici in Galleria

Nuove Opere/Man. Straordinaria

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

SOMMARIO

1 OGGETTO DELL'APPALTO 12
1.1 DESIGNAZIONE DELLE OPERE D'APPALTO 12
1.2 DESCRIZIONE ANALITICA DELLE OPERE E FORNITURE DI MANUTENZIONE 13
1.3 REQUISITI MINIMI DI SERVIZIO 14
1.4 CONOSCENZA DELLE CONDIZIONI DI APPALTO 20
1.5 OSSERVANZA DI LEGGI, REGOLAMENTI DEL CAPITOLATO GENERALE DI APPALTO 21
1.6 DOCUMENTAZIONE TECNICA RICHIESTA PER GLI IMPIANTI 21
1.7 MESSA IN ESERCIZIO DELLA GALLERIA 23
1.8 VERIFICHE E PROVE FINALI 25
2 OPERE CIVILI 26
2.1 PREMESSA 26
2.2 SCAVI 27
2.3 SCAVI IN MICROTRINCEA 28
2.4 SCAVI PER TUBAZIONI 28
2.5 POZZETTI 30
2.6 ATTRAVERSAMENTI INTERRATI 30
2.7 VERNICIATURA 31
2.8 ACQUA 31
2.9 LEGANTI IDRAULICI 32
2.10 SABBIE, GHIAIE E PIETRISCHI 32
2.11 CALCESTRUZZI STRUTTURALI 33
3 IMPIANTO DI DRENAGGIO LIQUIDI INFIAMMABILI E DI CALOTTA 34
3.1 PREMESSA 34
3.2 LAMIERE PER RACCOLTA DELLE ACQUE DI VOLTA 35
3.3 CANALETTA ISPEZIONABILE FRANGIFIAMMA PER DRENAGGIO PIATTAFORMA 35
3.4 VASCA DI ACCUMULO LIQUIDI 36
4 IMPIANTO FOTOVOLTAICO 37

4.1 GENERALITÀ 37
4.2 MODULO FOTOVOLTAICO IN SILICIO POLICRISTALLINO DA 250WP 38
4.3 MODULO FOTOVOLTAICO IN SILICIO MONOCRISTALLINO DA 270WP 38
4.4 GRUPPO DI CONVERSIONE 39
4.5 CAVI ELETTRICI E CABLAGGI 40
4.6 QUADRO DI STRINGA LATO CORRENTE CONTINUA 40
4.7 QUADRO GENERALE LATO CORRENTE ALTERNATA 41
4.8 QUADRO DI SEZIONAMENTO 41
4.9 IMPIANTO DI MESSA A TERRA 41
4.10 SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO 42
5 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE IN GALLERIA E ALL'APERTO 42
5.1 PREMESSA 42
5.2 APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE A LED PER GALLERIA 43
5.3 APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE A LED PER ESTERNO 43
5.4 PALI E SOSTEGNI 44
5.5 SONDE FOTOELETTRICHE 45
5.6 SISTEMA DI CONTROLLO E REGOLAZIONE ILLUMINAZIONE A LED 46
6 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA 50
6.1 PREMESSA 50
6.2 CORPO ILLUMINATE PUNTUALE PER ILLUMINAZIONE DI EVACUAZIONE 50
6.3 PLAFONIERA PER IDENTIFICAZIONE USCITA DI EMERGENZA 51
6.4 SEGNA MARGINE OTTICO A LED 52
6.5 ALIMENTATORE STABILIZZATO AC/DC 53
7 IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA 54
7.1 PREMESSA 54
7.2 ELETTROVENTILATORE ASSIALE PER GALLERIA 55
7.3 INVERTER PER ELETTROVENTILATORE IN GALLERIA 56
7.4 SENSORI DI VIBRAZIONE E CEDIMENTO 57

7.5 PRESA CON INTERRUTTORE DI BLOCCO 58
7.6 ANEMOMETRO AD ULTRASUONI 59
7.7 DISPOSITIVO PER LA MISURA DEL FUMO E DELLA TEMPERATURA IN GALLERIA 59
7.8 DISPOSITIVO PER LA MISURA DI OP-CO-NO-NO2 60
7.9 DISPOSITIVO PER LA MISURA DI OP-CO 61
7.10 BOX DI ALIMENTAZIONE E INTERFACCIA MODBUS 62
8 APPARECCHIATURE E DISTRIBUZIONE ELETTRICA IN CABINA 63
8.1 STRUTTURA PREFABBRICATA PER LOCALE TECNICO 63
8.2 SHELTER 63
8.3 IMPIANTO LUCE, FM E SPECIALI IN CABINA 64
8.4 IMPIANTO DI TERRA 65
8.5 ACCESSORI 65
8.6 QUADRI DI BASSA TENSIONE 66
8.7 CARATTERISTICHE TECNICHE 66
8.8 RISPONDENZA A NORME TECNICHE E LEGGI ANTINFORTUNISTICHE 66
8.9 COMPOSIZIONE E SUDDIVISIONE DEL QUADRO 67
8.10 STRUTTURA METALLICA 67
8.11 INTERRUTTORI 68
8.12 SBARRE PRINCIPALI E DERIVAZIONI 68
8.13 CIRCUITI AUSILIARI E CABIAGGI 69
8.14 ELENCO DELLE PROVE 70
8.15 QUADRI DI DISTRIBUZIONE SECONDARIA 71
8.16 PROTEZIONE GENERALE DI MEDIA TENSIONE 72
8.17 SCOMPARTO DI PARTENZA PER ALIMENTAZIONE TRASFORMATORE 74
8.18 TRASFORMATORE 75
8.19 GRUPPO ELETTROGENO 76
8.19.1 ACCOPPIAMENTO 76
8.19.2 BASAMENTO 77

8.19.3 SERBATOIO COMBUSTIBILE 77
8.19.4 BATTERIE DI AVVIAMENTO 77
8.19.5 SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO 77
8.19.6 SISTEMA DI LUBRIFICAZIONE 78
8.19.7 SISTEMA DI ALIMENTAZIONE 78
8.19.8 ASPIRAZIONE E SISTEMA DI SCARICO 78
8.19.9 ALTERNATORE 78
8.19.10 CARATTERISTICHE GENERALI 79
8.19.11 ISOLAMENTO E IMPREGNAZIONI 79
8.19.12 SISTEMA DI REGOLAZIONE ELETTRONICA 79
8.19.13 QUADRO DI CONTROLLO MANUALE/AUTOMATICO 80
8.19.14 CARICA BATTERIE AUTOMATICO 80
8.19.15 DESCRIZIONE DEL SISTEMA DELLA CENTRALINA (CON TUTTE LE OPZIONI) 81
8.19.16 COMANDI E CONTROLLI 81
8.19.17 QUADRO DI POTENZA CON INTERRUTTORE MAGNETO TERMICO E COMMUTAZIONE RETE-GRUPPO 82
8.20 CISTERNA METALLICA PER STOCCAGGIO GASOLIO 82
8.21 GRUPPO STATICO DI CONTINUITÀ PER IMPIANTI DI GALLERIA 84
8.22 GRUPPO STATICO DI CONTINUITÀ PER LOCALE TECNICO DI CABINA 90
9 SISTEMI ANTIFURTO 91
9.1 PREMESSA 91
9.2 IMPIANTO DI MONITORAGGIO DELLE AREE ESTERNE 92
9.3 SISTEMA ANTIEFFRAZIONE POZZETTI 93
9.4 SISTEMA ANTINTRUSIONE DI CABINA 93
9.5 SISTEMA ANTIFURTO E MONITORAGGIO CAVI 94
9.6 ANCORAGGIO DEI CAVI 96
9.7 PROTEZIONE COPERCHI DA PALO 96
9.8 RESINE EPOSSIDICHE 96
9.9 INIEZIONI DI MISCELE CEMENTIZIE 96

10 IMPIANTO DI MESSA A TERRA 97
10.1 GENERALITÀ 97
10.2 SPECIFICHE IMPIANTO DI TERRA 98
11 COMPARTIMENTAZIONE BY-PASS E CUNICOLI DI SICUREZZA 100
11.1 GENERALITÀ 100
11.2 ESTRATTORE DI ARIA LIBERA 100
11.3 SERRANDE TAGLIAFUOCO 101
11.4 PORTA TAGLIAFUOCO 101
11.5 SEZIONE FILTRANTE 102
12 IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO E SISTEMI DI MITIGAZIONE 102
12.1 GENERALITÀ IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO 102
12.2 GRUPPO DI POMPAGGIO 103
12.3 COMPONENTI PER IMPIANTO DI MITIGAZIONE INCENDIO 105
12.4 SISTEMA DI STOCCAGGIO E MISCELAZIONE SCHIUMA 105
13 IMPIANTO DI SEGNALETICA VERTICALE DI EMERGENZA 106
13.1 PREMESSA 106
13.2 SEMAFORI 106
13.3 PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE 107
13.4 PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE GRAFICO FULL COLOR 108
13.5 UNITÀ DI CONTROLLO LOCALE PER GESTIONE PMV 108
13.6 PANNELLO DI PERCORRENZA CORSIA 110
13.7 PORTALE IN ACCIAIO ZINCATO A CALDO 111
13.8 CARTELLO LUMINOSO SOS - ESTINTORE - IDRANTE 112
13.9 CARTELLO DI INDICAZIONE LUOGO SICURO O USCITE ALL'APERTO 113
13.10 CARTELLO DI INDICAZIONE BY-PASS 113
13.11 CARTELLO DI INDICAZIONE PIAZZOLA DI SOSTA 114
14 IMPIANTO SOS 114
14.1 PREMESSA 114

14.2 ARMADIO DI SOCCORSO SOS 115
15 IMPIANTO DI RADIODIFFUSIONE SONORA E RITRASMISSIONE RADIO 116
15.1 GENERALITÀ 116
15.2 CAVO FESSURATO 117
15.3 SISTEMA DI ANTENNE 117
15.4 STAZIONE RADIO BASE MODULARE "MASTER" 117
15.5 STAZIONE RADIO BASE MODULARE "SLAVE" 118
15.6 SISTEMA TETRA 119
15.7 CENTRALE DI RADIODIFFUSIONE SONORA 120
15.8 DIFFUSORE A TROMBA 121
16 IMPIANTO DI RIVELAZIONE INCENDI 121
16.1 PREMESSA 121
16.2 CAVO TERMOSENSIBILE DIGITALE 121
16.3 UNITÀ DI CONTROLLO CAVO TERMOSENSIBILE DIGITALE 122
16.4 CAVO SENSORE IN FIBRA OTTICA 124
16.5 UNITÀ DI CONTROLLO PER CAVO SENSORE IN FIBRA OTTICA 125
17 IMPIANTO DI RILEVAMENTO TRAFFICO 127
17.1 PREMESSA 127
17.2 SENSORE TRAFFICO RADAR 128
17.3 CONCENTRATORE CON CAPACITÀ DI ANALISI TRAFFICO 128
17.4 SOFTWARE PER IL CONCENTRATORE 130
18 IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA 130
18.1 PREMESSA 130
18.2 TELECAMERA FISSA FULL HD 131
18.3 LICENZA SOFTWARE AID 132
18.4 SERVER AID 132
18.5 PIATTAFORMA VMS 133
19 IMPIANTO DI MONITORAGGIO TRAFFICO E AMBIENTALE 133

19.1 PREMESSA 133
19.2 TELECAMERE KEMLER 133
19.3 SENSORE DISDROMETRO 133
19.4 SENSORE UMIDITÀ E TEMPERATURA DELL'ARIA 134
19.5 SENSORE ANEMOMETRO 135
19.6 PALO PER SOSTEGNO SENSORI METEO 135
20 SISTEMA WI-FI 136
20.1 GENERALITÀ 136
20.2 NODO DI RETE PER SISTEMA WI-FI 137
20.3 PIATTAFORMA HARDWARE/SOFTWARE PER SISTEMA WI-FI 138
21 IMPIANTO DI TRASMISSIONE DATI E SUPERVISIONE 139
21.1 GENERALITÀ 139
21.2 RETE DI COMUNICAZIONE 140
21.3 NODI DI TRATTA 140
21.4 PLC PER GALLERIE A SINGOLO/DOPPIO FORNICE DI LUNGHEZZA COMPRESA TRA 500 E 1000 METRI 141
21.5 PLC PER GALLERIE A SINGOLO/DOPPIO FORNICE DI LUNGHEZZA COMPRESA TRA 1000 E 2000 METRI 142
21.6 PLC PER GALLERIE A SINGOLO/DOPPIO FORNICE DI LUNGHEZZA SUPERIORE AI 2000 METRI 143
21.7 PIASTRA DI FONDO SOS/RIO 143
21.8 SALA SERVER 144
21.9 SUPERVISORE DI TRATTA 145
21.10 SOFTWARE DI SUPERVISIONE PER GALLERIE A SINGOLO/DOPPIO FORNICE DI LUNGHEZZA COMPRESA TRA 500 E 1000 METRI 146
21.11 SOFTWARE DI SUPERVISIONE PER GALLERIE A SINGOLO/DOPPIO FORNICE DI LUNGHEZZA COMPRESA TRA 1000 E 2000 METRI 148
21.12 SOFTWARE DI SUPERVISIONE PER GALLERIE A SINGOLO/DOPPIO FORNICE DI LUNGHEZZA SUPERIORE AI 2000 METRI 150
22 CAVI E CONDUTTORI 152

22.1 GENERALITÀ 152
22.2 CONDUTTORI DI TERRA 154
22.3 CAVI TIPO FG10(O)M1 0.6/1KV E FG10M1 0.6/1KV – CEI 20-13 154
22.4 CAVI RESISTENTI AL FUOCO TIPO FTG10(O)M1 0.6/1 KV E FTG10M1 0.6/1KV– CEI 20-45 (RF31-22) 156
22.5 CAVI TIPO N07G9-K 450/750V - CEI 20-38 157
22.6 CAVI TIPO H05V-K 300/500V - CEI 20-20 158
22.7 CAVI TIPO N07V-K 450/750V - CEI 20-20 158
22.8 CAVI TIPO ARG7R - CEI 20-13 E CEI 20-29 159
22.9 CAVI SOLARI FG21M21 159
22.10 CAVI ISOLATI (PER CIRCUITI DI SEGNALAZIONE, SOCCORSO E TELECONTROLLO) 159
22.11 PROPRIETÀ "ANTIFIAMMA" E "ZERO ALOGENI" 160
22.12 CAVI PER MT TIPO RG7H1R - CEI 20-13 160
22.13 CAVI PER TRASMISSIONE DATI 160
22.14 CAVI IN FIBRA OTTICA 160
22.15 SISTEMI DI POSA DEI CAVI 162
22.16 ATTRAVERSAMENTO SUPERFICI DI COMPARTIMENTAZIONE 163
22.17 PRODOTTI PER BARRIERA TAGLIAFUOCO 163
22.18 SETTI TAGLIAFUOCO DI TIPO COMPONIBILE 163
23 CAVIDOTTI E PASSERELLE 164
23.1 TUBAZIONI 164
23.2 CANALIZZAZIONI 168
23.3 TUBO RIGIDO IN PVC SERIE PESANTE 169
23.4 TUBO RIGIDO IN PVC FILETTABILE 170
23.5 TUBO CORRUGATO IN PVC SERIE PESANTE 171
23.6 GUAINA FLESSIBILE CON SPIRALE RIGIDA IN PVC 171
23.7 GUAINA FLESSIBILE CON SPIRALE IN ACCIAIO ZINCATO 171
23.8 TUBO IN PVC CON GIUNTI A BICCHIERE 172

23.9 TUBO IN ACCIAIO ZINCATO LEGGERO 172
23.10 TUBAZIONI IN ACCIAIO INOX 172
23.11 CAVIDOTTO IN PVC/PE CORRUGATO PER POSA INTERRATA 173
23.12 CANALE O PASSERELLA IN ACCIAIO INOX 173
23.13 CANALE O PASSERELLA IN ACCIAIO INOX CON COPERCHIO 174
23.14 CANALE IN PVC AUTOPORTANTE 174
23.15 CANALE IN PVC AUTOPORTANTE CON COPERCHIO 175
24 CASSETTE DI DERIVAZIONE 175
24.1 GENERALITÀ 175
24.2 CASSETTE DI DERIVAZIONE IN ACCIAIO INOX 176
24.3 CASSETTE DI DERIVAZIONE RESISTENTI AL FUOCO 177
24.4 CASSETTE DI DERIVAZIONE STAGNE DA ESTERNO IN PVC 177
24.5 CASSETTE DI DERIVAZIONE METALLICHE 178
25 ULTERIORI PRESCRIZIONI SULLE OPERE 179
25.1 VERNICIATURE 179
25.2 ETICHETTATURA ED INDIVIDUAZIONE COMPONENTI 179
25.3 MATERIALI PER OPERE METALLICHE 179
25.4 FERRO 179
25.5 CARPENTERIE IN ACCIAIO 180
25.6 SALDATURE 181
25.7 BULLONATURE 181
25.8 ACCIAI INOSSIDABILI 181
25.9 ACCIAI IN BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA B450 C 182
25.10 RETI IN ACCIAIO ELETTRO-SALDATO 183
26 ACCETTAZIONE, QUALITÀ ED IMPIEGO DEI MATERIALI 183

1 OGGETTO DELL'APPALTO

Il presente capitolato disciplina l'appalto avente per oggetto l'esecuzione dei lavori e delle somministrazioni in economia occorrenti per la manutenzione straordinaria delle apparecchiature elettromeccaniche e più in generale degli impianti tecnologici presenti nelle tratte stradali.

Il documento disciplina le norme tecniche prestazionali dei sistemi e sub sistemi impiantistici presenti nelle infrastrutture stradali con particolare riferimento alle gallerie stradali monodirezionali e bidirezionali.

-

1.1 DESIGNAZIONE DELLE OPERE D'APPALTO

Sono oggetto del presente capitolato:

Impianti in galleria che consistono essenzialmente in

- impianto idrico antincendio;
- impianto di ventilazione longitudinale 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 di ritrasmissione radio per i servizi di emergenza;
- impianto di trasmissione radio agli utenti;
- 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 MT e BT;
- 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 fibra ottica.
-

1.2 DESCRIZIONE ANALITICA DELLE OPERE E FORNITURE DI MANUTENZIONE

Per manutenzione straordinaria si intende la serie di interventi non periodici.

La manutenzione straordinaria è una tipologia di intervento comportante opere e modifiche necessarie per consolidare, rinnovare e sostituire parti anche strutturali, nonché per realizzare e integrare i servizi tecnologici. E' considerata manutenzione straordinaria ogni intervento di rinnovamento o sostituzione di parti complete sia strutturali sia tecnologiche.

Si riporta l'elenco dei principali interventi rientranti nella manutenzione straordinaria di galleria:

- impianti elettrici:
  - rifacimento per adeguamento a norme di legge o CEI;
  - rifacimento e adeguamento alle norme di sicurezza;
  - sostituzione dei trasformatori MT/BT;
  - sostituzione apparecchiature di cabine (UPS, rifasatori, centraline);
  - spostamento dei contatori;
  - sostituzione o intervento sui quadri generali;
  - sostituzione dei corpi illuminanti;
  - installazione o sostituzione di impianto di terra/parafulmine.
- impianti di ventilazione:
  - sostituzione di ventilatore di galleria;
  - sostituzione della rete di distribuzione dell'aria;
  - sostituzione delle serrande tagliafuoco;

- impianti antincendio:
  - sostituzione gruppo di sollevamento;
  - sostituzione idranti;
  - sostituzione o integrazione di porte tagliafuoco;
  - modifica o adeguamento rete distribuzione acqua antincendio;
  - rifacimento impianto di rilevazione incendio.
- impianti di sicurezza:
  - rifacimento impianto TVCC, di segnalazione, di supervisione, radio;
  - sostituzione centrale;
  - integrazione impianto con nuovi punti di rilevazione.

L'impresa dovrà effettuare preventivamente un sopralluogo, con modalità e tempistiche concordante con l'Appaltante. Nello specifico l'impresa dovrà effettuare la verifica dello stato di fatto della galleria, 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.

Da un punto di vista operativo l'impresa è tenuta ad effettuare tutte le operazioni necessarie per garantire il corretto funzionamento dei sistemi installati all'interno della galleria e nell'area di pertinenza. In particolare tutte le attività di manutenzione straordinaria, qualora non espressamente oggetto contrattuale, dovranno essere concordate con la società Appaltante.

1.3 REQUISITI MINIMI DI SERVIZIO

Di seguito si riportano le prescrizioni e requisiti minimi dovuti dalla società appaltatrice.

Nello specifico si delineano le logiche attraverso le quali deve essere erogato il servizio, in relazione a tutte le azioni necessarie previste dalle norme e dalla buona tecnica col fine di svolgere correttamente le pratiche manutentive.

Al fine della corretta gestione del processo 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.

Nello specifico si vuole veicolare l'informazione destinata a guidare gli interventi di manutenzione e d'ispezione, nonché la raccolta delle informazioni di ritorno conseguenti all'intervento per l'aggiornamento del sistema informativo.

Esecuzione dell'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 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 codificazione deve 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.

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 il manufatto.

Dovranno essere raccolte e archiviate tutte le certificazioni, le garanzie e le coperture assicurative disponibili, relative all'intero sistema galleria 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 qualora non già meglio definito nelle norme generali di appalto.

Conduzione e gestione impianti

La fase di conduzione e gestione si articolerà in tutta una serie di attività volte a rendere più efficiente le lavorazioni. 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.

Questi strumenti devono essere finalizzati alla gestione dei sistemi installati fino alla specificità del singolo apparecchio e del componente. Accanto a questi ultimi dovranno essere 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.

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 dell'impianti;
- ✓ le potenzialità specifiche dei singoli impianti e loro parti.

Fascicolazione

A seguito della raccolta della documentazione tecnico-amministrativa, identificativa e grafica del manufatto, 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.

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 atta 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.

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.

Dovrà essere posta particolare attenzione al rendimento prestazionale dei sistemi 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

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 sistema nel corso dell'intervento;

- come limitare il danneggiamento del prodotto durante l'esecuzione degli interventi;

- gli eventuali test di funzionamento;

- la rimessa in esercizio.

Document management

L'impresa appaltatrice dovrà usare un sistema di gestione documentale denominato 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 consentirà all'impresa appaltatrice 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"

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. 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 si servizio di manutenzione e la fase successiva alla conclusione del servizio stesso.

1.4 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, 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 adatti scarichi dei rifiuti 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.

-

1.5 OSSERVANZA DI LEGGI, REGOLAMENTI DEL CAPITOLATO GENERALE DI APPALTO

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.

1.6 DOCUMENTAZIONE TECNICA RICHIESTA PER GLI IMPIANTI

La Ditta deve consegnare all'Ente Appaltante la documentazione elencata nel seguito prima dell'inizio del collaudo e comunque non oltre la data di messa in servizio e consegna degli impianti.

La documentazione richiesta è:

- 3 copie di disegni aggiornati e corretti "as built" firmati, con la chiara e completa rappresentazione grafica di tutte le opere eseguite, compresi i necessari schemi funzionali. Di tali disegni e schemi funzionali deve inoltre essere consegnata una copia su supporto magnetico con estensione dei file *.dxf;
- 3 copie della relazione tecnica finale descrittiva degli interventi realizzati con dati di progetto, dimensioni e caratteristiche delle apparecchiature installate;
- certificazione degli impianti eseguita da professionista abilitato con inserita la descrizione dei lavori e l'elenco allegato degli elaborati;
- dichiarazione di conformità secondo DM 37/08 con allegati richiamati;
- tabelle di calcolo verifiche protezione cavi e tabelle di calcolo verifiche delle misure di isolamento, firmate da professionista abilitato;
- schema blocchi dell'impianto con indicate le sezioni dei cavi ed i valori di ICC;
- curve caratteristiche degli interruttori con i tempi di intervento;
- elenco materiali utilizzati con descritto il tipo di certificazione od omologazione;
- certificazioni e/od omologazione dei materiali che lo richiedono;
- certificazione di rispondenza alle norme CEI da parte del costruttore dei quadri elettrici;
- dichiarazione della Ditta di conformità dei materiali installati a quelli omologati con indicazione specifica del luogo di installazione.

L'Impresa deve inoltre fornire all' Ente Appaltante un **manuale per la manutenzione e l'esercizio degli impianti**, contenente:

- le istruzioni per la messa a punto degli impianti;
- le istruzioni per l'avviamento e l'esercizio delle apparecchiature e degli impianti;
- le istruzioni per i lavori di manutenzione, compresi gli eventuali accorgimenti particolari per la manutenzione e sostituzione degli apparecchi e loro parti;
- la definizione della periodicità dei controlli;
- le istruzioni per diagnosticare le principali disfunzioni che si possono verificare;
- onde facilitare le riparazioni, le istruzioni devono permettere una veloce localizzazione delle parti difettose, eventualmente mediante strumentazioni di misura apposita.

Le istruzioni per la manutenzione delle apparecchiature meccaniche, elettriche e di controllo devono contenere tutte le informazioni necessarie per l'installazione, la taratura e la messa a punto di tutti i dispositivi o sistemi ed i relativi strumenti necessari.

Se durante le riparazioni si possono correre rischi per le persone e per le apparecchiature non evidenti, questi devono essere menzionati nelle istruzioni corrispondenti.

Tutto il complesso della documentazione tecnica, delle schede tecniche e delle specifiche tecniche dei singoli apparati, dovrà essere fornito in formato elettronico utilizzando il formato PDF (Portable Document Format), formato aperto in grado di dialogare con qualsiasi applicazione.

Ogni documento PDF dovrà contenere una completa descrizione delle informazioni di base composta da proprietà (Titolo, Autore, ecc.) testo, stili di carattere (font), immagini e oggetti di grafica vettoriale che compongono il documento.

Tutto il progetto "as built" dovrà essere organizzato un database elettronico, vero e proprio censimento degli impianti installati, con una rappresentazione completa di tutte le opere eseguite, con rappresentazione attraverso tabelle schematiche contenenti tutte le informazioni e i rimandi alle schede tecniche e funzionali, necessarie soprattutto nella fase della manutenzione ordinaria, al fine di minimizzare i rischi proprio in questa fase.

Il data base degli impianti dovrà essere integrato ed integrabile nel sistema SOAWE per il censimento di tutte le opere e gli impianti di ANAS.

Inoltre, proprio per facilitare e informatizzare la manutenzione ordinaria degli impianti, ciascuna apparecchiatura o componente elettronico installato nel corso dei lavori dovrà contenere dei "tag RFID", particolari etichette elettroniche che possono essere lette e programmate, contenenti tutte le informazioni tecniche relative e necessarie nel corso delle operazioni di manutenzione ordinaria

1.7 MESSA IN ESERCIZIO DELLA GALLERIA

Al termine di qualsiasi intervento di manutenzione straordinaria la ditta appaltatrice dovrà produrre, verificarne l'esistenza e archiviare la seguente documentazione, in base alla tipologia di lavoro eseguito:

- ✓ certificato di conformità DM 37/08;
- ✓ certificazione antincendio;
- ✓ documentazione di sicurezza di cui al D.Lgs 264/06 (solo per le gallerie TEN);
- ✓ schede di accettazione delle forniture e schede tecniche di tutti i dispositivi installati;
- ✓ progetto esecutivo;
- ✓ progetto AS-BUILT;
- ✓ certificati di collaudo;
- ✓ manuali di uso e di installazione;

- ✓ fascicolo e/o piano della manutenzione;
- ✓ parere di conformità e/o SCIA e/o CPI ai VVF DPR 151/11 per l'attività 49;
- ✓ avvenuta presentazione di SCIA ai VVF DPR 151/11 per l'attività 80;
- ✓ mappatura e indirizzamento sistema SCADA;
- ✓ avvenuto inserimento sistema catastale ANAS;
- ✓ parere Direzione Sistemi Informativi ed Impianti;
- ✓ parere Servizio Infrastrutturazione Tecnologica Impianti della DOCT.

La stazione appaltante dovrà inoltre produrre una documentazione che attesti di aver eseguito le seguenti misure e/o verifiche, in base alla tipologia di lavoro eseguito:

- ✓ relazione di cui alla norma CEI 64-14 e 64-14 V1, Verifiche degli impianti elettrici utilizzatori;
- ✓ misure Resistenza di terra, Misure tensioni di Passo e di Contatto, verifiche equipotenziali;
- ✓ certificazioni relative alle prove e verifiche di carico degli ancoraggi dei dispositivi impiantistici in galleria ovvero verifica di tenuta effettuata in sede di collaudo;
- ✓ misure illuminotecniche tratti in galleria: rispondenza alla relazione di calcolo;
- ✓ relazione inerente la Ventilazione che attesti:
  - verifica dell'attivazione di ciascun ventilatore(e dell'inversione di marcia);
  - verifica del corretto senso di marcia (senso ciclico delle fasi);
  - misura anemometrica mobile a quote diverse in diverse sezioni della galleria con tutti i ventilatori attivati;
  - verifica delle misure dei sensori della ventilazione (anemometri, opacimetri, rivelatori CO);
  - verifica delle misure dei sensori di vibrazione e di longitudinalità;
  - funzionamento nello scenario incendio;
- ✓ relazione che attesti le prove e la funzionalità di tutti i sistemi impiantistici (attivazione SOS, verifica intelligibilità dell'audio della colonnina SOS, verifica attivazione rivelazione incendi, prove sulla segnaletica luminosa di emergenza, verifica della segnalazione asportazione estintori, distacco energia principale e attivazione sistemi di emergenza e sicurezza (GE e UPS), attivazione sovrappressione bypass, verifica illuminazione di evacuazione pedonale con misura a terra, verifiche sistema TVCC ed eventuale sistema di rilevazione immagini digitali, verifica eventuale sistema di conteggio traffico, ecc.);

- ✓ relazione che attesti la verifica della presenza di cavi resistenti al fuoco per il 50% dei circuiti dell'illuminazione permanente, per i circuiti della ventilazione e di tutti i circuiti necessari alla sicurezza esposti eventualmente al fuoco;
- ✓ relazione che attesti le prove sugli impianti antincendio: verifica sulla pressione e sulla portata agli idranti più svantaggiati così come indicato sulla relazione di calcolo, verifica scadenza estintori, verifica presenza acqua nelle cisterne, attivazione motopompa antincendio o verifica alimentazione tramite gruppo elettrogeno;
- ✓ relazione che attesti le verifiche sulla compartimentazione antincendio;
- ✓ relazione che attesti le verifiche sui materiali : (es. acciaio AISI 304 ovvero 316 per i ventilatori, per i corpi illuminanti, per le passerelle e gli ancoraggi, fissaggio resistenti al fuoco per le strutture ancorate in volta);
- ✓ relazione che attesti le verifiche sulle porte e portoni e certificazioni antincendio;
- ✓ relazione che attesti la funzionalità del sistema di telecontrollo in cabina MASTER ovvero tramite sala remota: la verifica finale prevede una simulazione di emergenza e tutti i sistemi attivati devono correttamente funzionare nell'insieme;
- ✓ verifica presenza schema sinottico in cabina;
- ✓ verifica presenza schemi elettrici nelle tasche dei quadri.

1.8 VERIFICHE E PROVE FINALI

Il Direttore dei Lavori a opere completamente ultimate e funzionanti e dopo che siano state eseguite positivamente le prove e verifiche preliminari di cui al precedente paragrafo, procederà in contraddittorio con la Ditta esecutrice alle "verifiche e prove finali" e di funzionamento, intese ad accertare la corrispondenza delle opere eseguite a tutte le condizioni contrattuali.

Tali verifiche saranno eseguite in seguito alla comunicazione della Ditta al DL dell'avvenuta ultimazione dei lavori.

Se i risultati saranno positivi, salvo aspetti di dettaglio secondari e non funzionali, verrà rilasciato il certificato di ultimazione dei lavori nel quale, eventualmente, si potranno prescrivere piccole lavorazioni ancora mancanti definendone anche i tempi di effettuazione.

Le verifiche finali si possono suddividere in due parti:

- Esami a vista: avvalendosi della documentazione "as built" accertano che i componenti dell'impianto elettrico siano conformi alle prescrizioni di sicurezza, siano stati scelti correttamente ed installati secondo normativa, siano integri in modo da non compromettere la sicurezza;

- Prove e misure: accertano la rispondenza delle parti di impianto ai dati progettuali ed alla normativa in vigore.

Tali verifiche e prove verranno effettuate con personale e mezzi messi a disposizione dell'Appaltatore. Gli oneri per queste prove sono inclusi nei prezzi unitari di contratto.

Si intende che nonostante l'esito favorevole di esse l'Appaltatore rimane responsabile delle deficienze di qualunque natura e origine che abbiano a riscontrarsi fino al collaudo definitivo e fino alla scadenza dei termini di garanzia.

2 OPERE CIVILI

2.1 PREMESSA

Nel seguito sono descritte le modalità esecutive delle opere civili che potrebbero rendersi necessarie per l'esecuzione dei lavori. Resta inteso che non tutte le lavorazioni evidenziate nei paragrafi successivi fanno parte dell'intervento; esse tuttavia vengono ugualmente riportate poiché si ritengono utili per l'eventuale realizzazione di opere in variante al momento non prevedibili.

L'Impresa dovrà in ogni caso presentare alla DL, entro 30gg dalla data del Verbale di Consegna dei Lavori o in accordo con il piano temporale, i disegni e le descrizioni di dettaglio di tutte le opere murarie ritenute necessarie al compimento degli impianti, perché la DL possa valutare eventuali interferenze con le strutture e coordinare i lavori nel modo migliore.

Ogni onere relativo allo smantellamento di opere e allo spostamento degli impianti già eseguiti, a causa del ritardo dell'Impresa nella presentazione dei disegni di cui sopra, sarà imputato alla stessa ed inscritto negli Stati di Avanzamento e nello Stato Finale. Il valore del danno, a carico dell'Impresa sarà stabilito, insindacabilmente, dalla DL.

Per la provvista di materiali in genere, si richiamano espressamente le prescrizioni dell'art. 16 del Capitolato Generale d'Appalto DM 145/2000. In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori. I materiali proveranno da località o fabbriche che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché corrispondano ai requisiti di cui sopra. Quando la Direzione dei Lavori abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Appaltatore dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Appaltatore. Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori, l'Appaltatore resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

2.2 SCAVI

Preliminarmente all'esecuzione delle opere di scavo l'Appaltatore deve procedere ai tracciamenti necessari per la definizione esatta della collocazione dei centri luminosi e di altre ed eventuali apparecchiature (ad esempio i quadri elettrici). Inoltre l'Impresa è obbligata ad assumere le informazioni necessarie per accertarsi se nella sede dei medesimi vi siano tombini, fognature, acquedotti, elettrodotti, cavi telefonici, gasdotti, oleodotti, o altri manufatti interrati ed a prendere tutti i provvedimenti e misure necessarie per eseguire le opere senza danneggiare detti manufatti nella realizzazione dei relativi sottopassaggi, incroci, parallelismi, restando a suo carico ogni responsabilità per danni e ripristini e per le pratiche burocratiche inerenti all'autorizzazione da rilasciare da parte degli Enti interessati. Negli scavi devono essere adottate tutte le cautele atte a prevenire scoscendimenti e smottamenti, restando l'Impresa esclusivamente responsabile degli eventuali danni e obbligata a provvedere, a proprie spese, alla rimozione delle materie franate e al ripristino delle sezioni corrette. Nel caso che, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni nelle quali i lavori si svolgono lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente la successione e l'esecuzione delle opere di scavo e murarie, essendo gli oneri relativi compensati nei prezzi contrattuali. Gli scavi e i trasporti devono essere eseguiti con mezzi d'opera e manodopera adeguati. In ogni caso deve essere assicurato il regolare smaltimento e deflusso delle acque di qualunque provenienza. I materiali provenienti dagli scavi, e non idonei per la formazione dei rilevati o per altro impiego nei lavori, devono essere portati a rifiuto in zone disposte a cura e spese dell'Impresa, quelli invece utilizzabili, ed esuberanti le necessità di lavoro, devono essere portati, sempre a cura e spese dell'Impresa, su aree indicate dalla Direzione Lavori. Sono compensati fra gli oneri degli scavi l'abbattimento e/o potature di piante, l'estirpazione di ceppaie e radici nella zona di pertinenza degli scavi stessi. Durante la fase di scavo dovranno essere approntati tutti i ripari necessari per evitare incidenti ed infortuni a persone, animali o cose per effetto di scavi aperti non protetti. Durante le ore notturne la segnalazione di scavo aperto o di presenza di cumulo di materiale di risulta o altro materiale sul sedime stradale, dovrà essere di tipo luminoso o a fiamma od a sorgente elettrica, tale da evitare il pericolo esistente per il transito pedonale e veicolare. Nessuna giustificazione potrà essere addotta dall'Appaltatore per lo spegnimento di dette luci di segnalazione durante la notte anche se causato da precipitazioni meteoriche. Tutti i ripari (cavalletti, transenne, ecc.) dovranno riportare il nome della ditta appaltatrice dei lavori, il suo indirizzo e numero telefonico. Il reinterro di tutti gli scavi necessari per la collocazione dei cavidotti e dei pozzetti, dopo l'esecuzione dei getti, è compensato con il prezzo dell'opera. Nessun compenso potrà essere richiesto per i sondaggi da eseguire prima dell'inizio degli scavi per l'accertamento dell'esatta ubicazione dei servizi nel sottosuolo. In caso di inevitabili interruzioni di qualche tratto di strada devono essere disposti opportuni avvisi. In ogni modo l'impresa deve rendere possibile in posizioni opportune, lo scambio dei veicoli. L'Impresa assume la responsabilità di eventuali danni od a persone od a cose derivanti dalla mancata od insufficiente osservanza delle prescrizioni o

cautele necessarie. Costituisce onere per la Ditta anche la stesura progressiva di materiale occorrente per dare alla pavimentazione stradale la sua primitiva consistenza e sagoma. Il materiale di scavo eccedente, dopo l'eventuale costipamento del materiale di reinterro, deve essere portato a discarica autorizzata a propria cura e spese. Per garantire la continuità del transito si devono costruire adeguate passerelle provvisorie, salvo diverse autorizzazioni concesse dalla Stazione Appaltante circa temporanee sospensione o diversioni del transito. Per evitare che il dissesto dipendente dall'apertura delle trincee si estenda a tratti di eccessiva lunghezza, resta stabilito che non possono essere mantenuti aperti tronchi di trincea estesa superiore ai metri 50, salvo diversa indicazione da parte della DL o della SA. Per gli scavi su strade e simili devono essere osservate le norme di sicurezza del Codice della Strada.

2.3 SCAVI IN MICROTRINCEA

La "microtrincea" viene eseguita utilizzando idonee frese/scavacanali a disco montate su opportuna macchina operatrice di piccole dimensioni. Il taglio dello scavo dovrà risultare netto in superficie, evitando in modo assoluto di lesionare la pavimentazione limitrofa alla sezione di scavo. Non sono consentiti bruschi cambi di direzione dei percorsi, ove questi siano richiesti dovranno effettuarsi tramite tagli angolati, tali da consentire il rispetto del minimo raggio di curvatura dei minitubetti, dei monotubi di raccordo o dei cavi conduttori. Di seguito sono illustrate le fasi essenziali di esecuzione della "microtrincea" per la posa dei cavi:

- Esecuzione del taglio a mezzo di un taglia asfalti;
- Pulizia dello scavo;
- Posa del conduttore di terra sul fondo dello scavo;
- Posa dei restanti cavi conduttori;
- Riempimento dello scavo con sabbia;
- Riempimento con asfalto colato degli ultimi 3 cm.

La larghezza del taglio dovrà essere pari ad un massimo di 2 cm, e la sua profondità sarà al massimo di 25 cm.

2.4 SCAVI PER TUBAZIONI

Lo scavo per la posa delle tubazioni dovrà essere realizzato in modo tale che sia perfettamente rispettato lo sviluppo di progetto del relativo contratto applicativo. In ogni caso, salvo impedimenti o diversa indicazione, la profondità dello scavo dovrà essere di almeno 60cm e la larghezza minima di 30cm. Gli scavi necessari per la posa dei cavidotti saranno eseguiti a pareti quanto più possibile regolari, con la minima larghezza compatibile con la natura della terra e

con il diametro esterno del tubo, ricavando, ove sia necessario, opportuni allargamenti e nicchie. I materiali provenienti dagli scavi dovranno essere depositati nella trincea a ricoprimento delle tubazioni posate solo nel caso il materiale sia ritenuto idoneo a giudizio della D.L., altrimenti dovrà essere trasportato a discarica autorizzata in modo da ostacolare il meno possibile la viabilità e lo scolo delle acque. Saranno inoltre rispettate le seguenti prescrizioni:

- Il taglio del tappetino bituminoso e del sottofondo in agglomerato, se presenti, dovrà avvenire mediante l'impiego di adeguati mezzi meccanici (fresatrice, sega a taglio, ecc...). Il taglio avrà una profondità minima di 20 cm e gli spazi del manto stradale non tagliato non dovranno superare in lunghezza il 50% del taglio effettuato con la vanghetta idraulica;
- Esecuzione dello scavo in trincea, con le dimensioni indicate negli elaborati di progetto relativi ai singoli contratti applicativi;
- Fornitura e posa, su letto di sabbia predisposto, di tubazioni corrugate flessibili in polietilene, a sezione circolare, in numero e diametro indicati negli elaborati di progetto relativi ai singoli contratti applicativi;
- Formazione di cassonetto in calcestruzzo dosato a 250 kg di cemento tipo 325 per metro cubo di impasto, a protezione delle tubazioni in plastica; il calcestruzzo sarà superiormente lisciato in modo che venga impedito il ristagno d'acqua;
- Sopra il cavidotto, circa 10-15 cm sopra il limite superiore, dovrà essere collocato un nastro avvisatore di colore rosso, compreso nel prezzo dello scavo, con evidenziato il nome dell'impianto di appartenenza;
- Il riempimento dello scavo dovrà effettuarsi con materiali di risulta o con ghiaia naturale vagliata, sulla base delle indicazioni fornite dagli elaborati grafici. Particolare cura dovrà porsi nell'operazione di costipamento da effettuarsi con mezzi meccanici; l'operazione di riempimento dovrà avvenire dopo almeno 6 ore dal termine del getto di calcestruzzo. Laddove non risulti possibile rispettare la profondità di posa indicata negli elaborati di progetto relativi ai singoli contratti applicativi si dovrà valutare l'opportunità di utilizzare tubazioni in acciaio zincato anziché in polietilene ed in ogni caso lo scavo dovrà essere riempito interamente, salvo il letto di sabbia ed eventuali strati bituminosi superficiali, con getto in cls;
- Ogni strato del reinterro dovrà essere costipato mediante adeguati mezzi meccanici; inoltre nel caso di scavo su asfalto, il tappeto di usura dovrà essere steso dopo un periodo di assestamento di 10/15 giorni.

2.5 POZZETTI

Nell'esecuzione dei pozzetti saranno mantenute le caratteristiche dimensionali e costruttive, nonché l'ubicazione, indicate nei disegni allegati. Saranno inoltre rispettate le seguenti prescrizioni:

- Esecuzione dello scavo con misure adeguate alle dimensioni del pozzetto;
- Formazione di platea in calcestruzzo dosato a 200 kg di cemento tipo 325 per metro cubo di impasto, con fori per il drenaggio dell'acqua;
- Posa del pozzetto prefabbricato costituito da un elemento a cassa, con due fori di drenaggio. Il manufatto, di calcestruzzo vibrato, dovrà avere sulle pareti laterali la predisposizione per l'innesto dei tubi di plastica, costituita da zone circolari con parete a spessore ridotto;
- Inserimento delle tubazioni interessate dal pozzetto; sigillature con malta di cemento degli spazi fra muratura e tubo;
- Fornitura e posa di chiusino in ghisa (grigia o sferoidale a seconda delle indicazioni evidenziate negli elaborati di progetto relativi ai singoli contratti applicativi, completo di telaio, per traffico incontrollato;
- Riempimento del vano residuo con materiale di risulta o con ghiaia naturale costipata; trasporto alla discarica del materiale eccedente;
- Trasporto del materiale scavato eccedente:
- Ripristino del suolo pubblico originario;

Tutti i pozzetti saranno senza fondo, o comunque con adeguati fori per evitare il ristagno dell'acqua.

2.6 ATTRAVERSAMENTI INTERRATI

Gli attraversamenti interrati serviranno per sottopassare strade o altre opere esistenti e potranno intersecare sia ortogonalmente che obliquamente le opere stesse. L'esecuzione sarà eseguita da fosse di spinta debitamente predisposte, delle dimensioni e caratteristiche risultanti dai calcoli dimensionali e statici in funzione dei diametri dei tubi da spingere e della lunghezza di spinta da eseguire. L'infissione potrà anche avvenire contrastando l'attrezzatura di spinta con palancolate laterali infisse nel terreno prima dell'esecuzione dello scavo. La condotta da infiggere nel terreno sarà costituita da tubi in acciaio, tipo Fe 510 saldati, il tutto come da disegni di progetto relativi ai singoli contratti applicativi. Gli attraversamenti stradali avranno all'interno del tubo "guaina" un tubo di acciaio o ghisa sferoidale dotato di opportuni distanziatori in modo da alloggiare equamente nella guaina stessa. La formazione della livelletta per la

posa delle tubazioni dovrà essere eseguita con attrezzatura di alta precisione a raggi laser e comunque saranno accettati spostamenti non maggiori di circa il 20%. Dovranno comunque essere osservate tutte le norme e prescrizioni previste con D.M. 24/11/1984, con D.M. n. 216/4.6 (Servizio Lavori e Costruzioni) e n. 173/508-604 (Servizio Impianti Elettrici) e altre disposizioni vigenti in materia. Dovranno altresì essere adottate, negli attraversamenti idraulici, tutte le metodologie necessarie ad evitare sifonamenti, smottamenti e quant'altro potesse compromettere la stabilità e sicurezza delle opere incontrate.

2.7 VERNICIATURA

La verniciatura dei piedritti della galleria sarà effettuata per una fascia di circa m 4,15 a partire dalla base del piedritto, eseguita a più mani con prodotto atossico non infiammabile con trattamento preliminare del supporto di calcestruzzo costituito da rotolavaggio. Il rotolavaggio sarà eseguito con macchinari ad avanzamento automatico dotati di braccio meccanico, in modo da non danneggiare le strutture portanti e rimuovere selettivamente il materiale superficiale ammalorato o le parti incoerenti, le fioriture di calcare, i depositi di polvere e lo smog. La verniciatura sarà effettuata con applicazione di vernice di tipo bicomponente epossidica idro diluibile colore bianco, non ingiallente. L'applicazione sarà uniforme, operata a due mani e comunque fino a completa copertura del supporto, con una quantità minima di 400 gr/m2, spessore compreso tra 180 e 220 micron. La vernice deve essere così caratterizzata nel rispetto delle norme vigenti:

- Resistenza al graffio (ISO 1518): nessuna perforazione;
- Fattore di riflessione (ISO 2814) 60°: => 98;
- Fattore di lucentezza (ISO 2813) 60°: => 30;
- Adesione (ISO 4624-78) => 1,50 MPA.

Dato che si prevede l'impiego esclusivo di illuminazione con lampade a LED, i colori delle vernici dovranno essere tali da garantire le rese cromatiche previste dalle Linee Guida Anas (RAL 9010 e RAL 202) che si ottengono utilizzando lampade SAP.

2.8 ACQUA

L'acqua per l'impasto con leganti idraulici (UNI EN 1008) dovrà essere dolce, limpida, priva di sostanze organiche o grassi e priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose e non essere aggressiva per il conglomerato risultante. In caso di necessità, dovrà essere trattata per ottenere il grado di purezza richiesto per l'intervento da eseguire. In taluni casi dovrà essere, altresì, additivata per evitare l'instaurarsi di reazioni chimico-fisiche che potrebbero causare la produzione di sostanze pericolose. Le acque utilizzate devono rispondere ai requisiti

stabiliti dalle norme tecniche emanate con D.M. 14 febbraio 1992 (S.O. alla G.U. n. 65 del 18/3/1992) in applicazione dell'Art. 21 della Legge 1086 del 5 novembre 1971.

2.9 LEGANTI IDRAULICI

I cementi da impiegare in qualsiasi lavoro devono rispondere ai limiti di accettazione contenuti nella legge 26 maggio 1965, n. 595 e nel DM 3 giugno 1968 ("Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi") e successive modifiche e integrazioni (DM 20 novembre 1984 e DM 13 settembre 1993). Tutti i cementi devono essere, altresì, conformi al DM n. 314 emanato dal Ministero dell'Industria in data 12 luglio 1999 (che ha sostituito il DM n. 126 del 9 marzo 1988 con l'allegato "Regolamento del servizio di controllo e certificazione di qualità dei cementi" dell'ICITE - CNR) ed in vigore dal 12 marzo 2000, che stabilisce le nuove regole per l'attestazione di conformità per i cementi immessi sul mercato nazionale e per i cementi destinati ad essere impiegati nelle opere in conglomerato normale, armato e precompresso. I requisiti da soddisfare devono essere quelli previsti dalla norma UNI EN 197-2007 "Cemento: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni". Gli agglomerati cementizi, oltre a soddisfare i requisiti di cui alla legge 595/1965, devono rispondere alle prescrizioni di cui al summenzionato DM del 31 agosto 1972 e s.m.i. I cementi e gli agglomeranti cementizi devono essere forniti o in sacchi sigillati o in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola, che non possono essere aperti senza lacerazione, o alla rinfusa. Per ciascuna delle tre alternative valgono le prescrizioni di cui all'art. 3 della legge 595/1965.

2.10 SABBIE, GHIAIE E PIETRISCHI

Dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti dal D.M. 14 febbraio 1992 norme tecniche alle quali devono uniformarsi le costruzioni in conglomerato cementizio, normale e precompresso, ed a struttura metallica. Le dimensioni dovranno essere sempre le maggiori tra quelle previste come compatibili per la struttura a cui il calcestruzzo è destinato; di norma però non si dovrà superare la larghezza di cm 5 (per larghezza s'intende la dimensione dell'inerte misurato in una setacciatrice) se si tratta di lavori correnti di fondazione; di cm 4 se si tratta di getti per volti, per lavori di elevazione, muri di sostegno, piedritti, rivestimenti di scarpate o simili; di cm 3 se si tratta di cementi armati e di cm 2 se si tratta di cappe o di getti di limitato spessore (parapetti, cunette, copertine, ecc.). Per le caratteristiche di forma valgono le prescrizioni riportate nello specifico articolo riguardante i conglomerati cementizi.

Le *sabbie*, naturali o artificiali, da impiegare nelle malte e nei calcestruzzi devono:

- Essere ben assortite in grossezza;
- Essere costituite da grani resistenti, non provenienti da roccia decomposta o gessosa;

- Avere un contenuto di solfati e di cloruri molto basso (soprattutto per malte a base di cemento);
- Essere tali da non reagire chimicamente con la calce e con gli alcali del cemento, per evitare rigonfiamenti e quindi fessurazioni, macchie superficiali;
- Essere scricchiolanti alla mano;
- Non lasciare traccia di sporco;
- Essere lavate con acqua dolce anche più volte, se necessario, per eliminare materie nocive e sostanze eterogenee;
- Avere una perdita in peso non superiore al 2% se sottoposte alla prova di decantazione in acqua.

La *ghiaia* da impiegare nelle malte e nei conglomerati cementizi deve essere costituita da elementi puliti di materiale calcareo o siliceo, ben assortita, priva di parti friabili, lavata con acqua dolce, se necessario, per eliminare materie nocive.

Il *pietrisco*, utilizzato in alternativa alla ghiaia, deve essere ottenuto dalla frantumazione di roccia compatta, durissima silicea o calcarea, ad alta resistenza meccanica. Le dimensioni dei granuli delle ghiaie e del pietrisco per conglomerati cementizi sono prescritte dalla Direzione Lavori in base alla destinazione d'uso e alle modalità di applicazione. In ogni caso le dimensioni massime devono essere commisurate alle caratteristiche geometriche dei cavidotti. Nel dettaglio gli elementi costituenti ghiaie e pietrischi devono essere di dimensioni tali da passare attraverso un setaccio con maglie circolari del diametro di 1cm. Sabbia, ghiaia e pietrisco sono in genere forniti allo stato sciolto e sono misurati o a metro cubo di materiale assestato sugli automezzi per forniture o a secchie, di capacità convenzionale pari ad 1/100 di m^3, nel caso in cui occorrono solo minimi quantitativi.

2.11 CALCESTRUZZI STRUTTURALI

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1. Il sistema di attestazione della conformità di tali aggregati, ai sensi del DPR 246/93 è indicato nella Tab. 11.2.II contenuta nell'art. 11.2.9.2 del DM 14 gennaio 2008 recante "Norme tecniche per le costruzioni" emesso ai sensi delle leggi 5 novembre 1971,n. 1086, e 2 febbraio 1974, n. 64, così come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al DPR 6 giugno 2001, n. 380, e dell'art. 5 del DL 28 maggio 2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27 luglio 2004, n. 186 e ss. mm. ii. (d'ora in poi DM 14 gennaio 2008).

È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla Tab. 11.2.III contenuta sempre nel summenzionato art. 11.2.9.2, a condizione che la miscela di calcestruzzo confezionata con aggregati riciclati, venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio. Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica di cui ai prospetti H1, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma europea armonizzata UNI EN 12620, per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100 tonnellate di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione. Nelle prescrizioni di progetto si potrà fare utile riferimento alle norme UNI 8520-1:2005 e UNI 8520-2:2005 al fine di individuare i requisiti chimico-fisici, aggiuntivi rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, che gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali (meccaniche, di durabilità e pericolosità ambientale, ecc.), nonché quantità percentuali massime di impiego per gli aggregati di riciclo, o classi di resistenza del calcestruzzo, ridotte rispetto a quanto previsto nella tabella sopra menzionata.

Per quanto riguarda gli eventuali controlli di accettazione da effettuarsi a cura del Direttore dei Lavori, questi sono finalizzati almeno alla determinazione delle caratteristiche tecniche riportate nella Tab. 11.2.IV del menzionato art. 11.2.9.2. I metodi di prova da utilizzarsi sono quelli indicati nelle Norme Europee Armonizzate citate, in relazione a ciascuna caratteristica.

3 IMPIANTO DI DRENAGGIO LIQUIDI INFIAMMABILI E DI CALOTTA

3.1 PREMESSA

Il sistema di drenaggio della piattaforma stradale in galleria assume il ruolo di impianto di sicurezza. L'impianto, infatti, deve garantire la rapida intercettazione e l'allontanamento dei liquidi defluenti in carreggiata, siano essi oli e liquidi infiammabili originati da sversamenti accidentali, reflui dei lavaggi, reflui dell'impianto antincendio, acque di percolazioni o infiltrazione, nonché acque meteoriche in prossimità degli imbocchi. Sulla piattaforma all'interno delle gallerie non deve essere utilizzato asfalto drenante oltre 50m dagli imbocchi. La rete idraulica di raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma deve essere separata dal sistema di raccolta dei drenaggi a tergo del rivestimento definitivo, ove previsto, con collettori disposti in prossimità dei margini della carreggiata al fine di agevolare le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria.

A tal fine si deve prevedere l'installazione dei seguenti componenti:

- Lamiere per raccolta delle acque proveniente dalla volta della galleria (percolazioni e/o infiltrazioni);
- Caditoie dotate di dispositivi atti ad evitare la propagazione della fiamma;

- Tubazioni interrate per la raccolta e convogliamento dei liquidi;
- Vasca di intercettazione ed accumulo dei liquidi raccolti.

3.2 LAMIERE PER RACCOLTA DELLE ACQUE DI VOLTA

Il sistema di rivestimento drenante per la captazione delle acque di percolazione in galleria naturale, è costituito da lastre grecate in acciaio inox AISI 430 precurvate spessore min. 5/10 mm preverniciate, sagomatura grecata con altezza delle greche di circa 30 mm e passo medio delle greche 100 mm. La lamiera sarà posizionata in corrispondenza dei giunti esistenti per una larghezza di circa 1 metro, mediante fissaggi alla parete in c.a. a mezzo di tasselli a battuta del diametro 8 mm e lunghezza 120 mm con vite in acciaio corredati da rondelle in acciaio e guarnizione di tenuta in neoprene o similare, posti lungo i bordi laterali longitudinali di ogni lamiera ad interasse non superiore a 500 mm e in corrispondenza delle giunzioni tra le stesse in ragione di tre per ogni sovrapposizione orizzontale.

3.3 CANALETTA ISPEZIONABILE FRANGIFIAMMA PER DRENAGGIO PIATTAFORMA

Le caditoie di raccolta, posizionate normalmente ad interasse non superiore a 25m, devono garantire anche l'ispezione e la manutenzione dei collettori di smaltimento. Deve, inoltre, essere attentamente valutata la necessità di installare caditoie munite di dispositivi atti ad evitare la propagazione della fiamma.

La canaletta frangifiamma dovrà essere un prodotto specifico per gallerie, appositamente concepito per smaltire le acque del sistema antincendio o liquidi persi dai veicoli in transito, prodotta con materiale polimerico (Polietilene) vergine al 100%, avente densità 0.900 kg/dm3 (ISO 1183), fornito da azienda certificata UNI EN ISO 9001/2008. La canaletta avrà altezza compresa tra 640mm e 1200mm e l'intero sistema è costituito da:

- Canaletta telescopica rotostampata in PE autoestinguente di classe V2, di dimensioni 1000mm x 250mm x 500mm, e un'uscita posta sulla parte inferiore centrale di dimensioni 300mm x 200mm;
- La canaletta è fornita di due canali di diametro D125 posti lateralmente all'uscita per creare 2 punti di ispezione nel sifone sottostante. Le ispezioni verranno chiuse con dei tappi filettati stampati in PP e relative guarnizioni. Le appendici inferiori possono essere tagliate facilmente a misura per adattare la canaletta alle diverse quote stradali;
- Sifone rotostampato in PE autoestinguente di classe V2, di dimensioni 1400mm x 420mm x 850mm. Questo sarà collegato al collettore principale di diametro esterno fino a 452mm tramite bicchieri e guarnizioni dedicate. La sua particolare forma permette di realizzare un

effetto sifone e al contempo un effetto frangifiamma. Sulla parte superiore ci sono 3 ingressi per l'inserimento della canaletta telescopica;

- Longheroni in acciaio INOX AISI304 per alloggiamento della griglia;
- Griglia in ghisa sferoidale classe D400 fissata con bulloneria;
- n. 3 guarnizioni elastomeriche per garantire la perfetta tenuta stagna, tra il corpo superiore e quello inferiore;
- n. 2 guarnizioni elastomeriche per garantire la perfetta tenuta stagna, tra il corpo inferiore e il collettore principale.

3.4 VASCA DI ACCUMULO LIQUIDI

La necessità di installare vasche di intercettazione e/o accumulo a valle della rete di drenaggio della piattaforma, deve essere valutata in relazione anche al contesto ambientale ove inserita la galleria. Ove prevista, la vasca dovrà essere posizionata all'esterno della galleria in area ad accesso carrabile e garantire semplicità di ispezione e manutenzione. E' necessario valutare la necessità di installare sistemi di monitoraggio e controllo del livello idrico nelle vasche.

L'Impianto di trattamento delle acque in continuo è composto da un separatore di sabbie e liquidi leggeri per portate di dilavamento da superficie scolante fino a 75 l/s. Il separatore sarà realizzato con manufatti circolari in HDPE con profilo di parete strutturato, diametro interno utile 2000 mm, rigidità anulare SN2, composti da elementi assemblati con giunzioni elettrosaldate, lunghezza 12,2 m, volume statico 32 mc, complessivo 38 mc; completo di:

- Sistema trattamento di desabbiatura e disoleatura a gravità completo di deflettori in HDPE;
- Innesto a bicchiere per tubazione di ingresso e tronchetto di uscita in HDPE DE315;
- n. 2 moduli di ispezione DN800 mm con prolunga DN800 H250 e riduzione a passo d'uomo DN625 mm, da assemblare, completi di guarnizioni elastomeriche, altezza complessiva sopra estradosso 1150 mm;
- n. 1 otturatore automatico a galleggiante completo di torrino di ispezione e manutenzione DN1000 mm, n. 1 modulo di prolunga DN1000 H1000, da assemblare con guarnizione elastomerica, altezza complessiva sopra estradosso 1100 mm.

L'impianto deve essere completato con un pozzetto scolmatore formato da tubo spiralato ID1200 predisposto con bicchiere di ingresso e di by-pass per tubi corrugati DE800, lama di sfioro in PE e bicchiere di scarico al separatore per tubo liscio in HDPE o PVC DE315.

4 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

4.1 GENERALITÀ

Lo scopo della realizzazione degli impianti fotovoltaici è quello di conseguire un significativo risparmio energetico per la struttura servita, mediante il ricorso alla fonte energetica rinnovabile rappresentata dal sole.

Il ricorso a tale tecnologia nasce dall'esigenza di coniugare:

- La compatibilità con esigenze di tutela ambientale;
- Un risparmio di combustibile fossile;
- Una produzione di energia elettrica senza emissioni di sostanze inquinanti.

Il dimensionamento energetico degli impianti fotovoltaici connessi alla rete del distributore viene effettuato tenendo conto di tre fattori importanti:

- Disponibilità di spazi sui quali installare gli impianti fotovoltaici;
- Disponibilità della fonte solare;
- Fattori morfologici e ambientali.

La quantità di energia elettrica che si può produrre deve essere calcolata sulla base dei dati radiometrici di cui alla norma UNI 10349 e utilizzando i metodi di calcolo illustrati nella norma UNI 8477-1. Il principio progettuale utilizzato per il dimensionamento di un impianto fotovoltaico è quello di massimizzare la captazione della radiazione solare annua disponibile.

Nella generalità dei casi, il generatore fotovoltaico deve essere esposto alla luce solare in modo ottimale, scegliendo prioritariamente l'orientamento a Sud ed evitando fenomeni di ombreggiamento.

I moduli del campo fotovoltaico devono essere montati su supporti in alluminio, assemblati in modo tale che l'inclinazione dei pannelli rispetto al suolo sia tipicamente di 30°.

La maggior parte delle celle fotovoltaiche attualmente in commercio sono realizzate tramite semiconduttori in silicio.

Le principali tipologie di celle fotovoltaiche sono:

- Celle in silicio monocristallino;
- Celle in silicio policristallino.

Le celle in silicio monocristallino sono realizzate a partire da cristalli di silicio ad elevato grado di purezza, che vengo prima fusi e poi fatti solidificare in modo da ottenere un lingotto di forma cilindrica costituito da un monocristallo, avente un diametro compreso tra i 13 e i 20 cm e un'altezza di circa 200 cm. Il cristallo viene successivamente tagliato a fette sottili dello spessore di

250 ÷ 350 µm, dette celle, che andranno a costituire i moduli o pannelli fotovoltaici, ottenuti collegando tra loro più celle.

I pannelli fotovoltaici monocristallini presentano rendimenti tipici minori o uguali al 16,5%, mentre sono del 20-22% per i moduli ad alte prestazioni.

Le celle in silicio policristallino hanno costi minori delle monocristalline e sono tipicamente ottenute per fusione degli scarti del processo industriale di produzione dei moduli monocristallini. I pannelli fotovoltaici policristallini presentano rendimenti tipici 15-16%, e 18-20% per i moduli ad alte prestazioni.

4.2 MODULO FOTOVOLTAICO IN SILICIO POLICRISTALLINO DA 250WP

Modulo fotovoltaico in silicio policristallino da 250Wp costituito da vetro temperato antiriflesso di spessore minimo 3mm con basso contenuto di ferro per ottimizzare la raccolta della luce, da una cornice in alluminio anodizzato che conferisce solidità e robustezza costante, resistendo a carichi e sollecitazioni climatiche come neve e ghiaccio. Il pannello dovrà avere le seguenti caratteristiche tecniche:

- Dimensioni minime 1600x900x30mm;
- Efficienza minima 15%;
- Classe di potenza in condizioni di irraggiamento a 800W/mq minimo di 180Wp;
- Grado di protezione minimo IP65;
- Intervallo minimo di temperatura di esercizio da -35°C a 80°C.

Il modulo fotovoltaico viene fornito con cavo solare FG21M21 di sezione minima 4mmq e lunghezza di almeno 1m. Nel prezzo sono compresi tutti gli accessori ed ogni altro onere, previsto o prevedibile, per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

4.3 MODULO FOTOVOLTAICO IN SILICIO MONOCRISTALLINO DA 270WP

Modulo fotovoltaico in silicio monocristallino da 270Wp costituito da vetro temperato antiriflesso di spessore minimo 3mm con basso contenuto di ferro per ottimizzare la raccolta della luce, da una cornice in alluminio anodizzato che conferisce solidità e robustezza costante, resistendo a carichi e sollecitazioni climatiche come neve e ghiaccio. Il pannello dovrà avere le seguenti caratteristiche tecniche:

- Dimensioni minime 1600x900x30mm;
- Efficienza minima 16%;

- Classe di potenza in condizioni di irraggiamento a 800W/mq minimo di 200Wp;
- Grado di protezione minimo IP65;
- Intervallo minimo di temperatura di esercizio da -35°C a 80°CIl modulo fotovoltaico viene fornito con cavo solare FG21M21 di sezione minima 4mmq e lunghezza di almeno 1m. Nel prezzo sono compresi tutti gli accessori ed ogni altro onere, previsto o prevedibile, per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

4.4 GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è composto da un convertitore statico (Inverter). Il convertitore c.c./c.a. utilizzato per un impianto fotovoltaico deve essere idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico stesso alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura devono essere compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita devono essere compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto. L'inverter di stringa da esterno per applicazioni fotovoltaiche dovrà, quindi, avere le seguenti caratteristiche tecniche:

- Massima tensione assoluta DC in ingresso 1000V;
- Potenza nominale DC di ingresso 20 ÷ 30kW;
- Potenza massima DC di ingresso 10 ÷ 20kW;
- Tensione nominale DC in ingresso 620V;
- Tensione nominale AC di uscita 400V;
- Massima protezione esterna da sovracorrente AC 45 ÷ 65A;
- Frequenza nominale di uscita 50/60Hz;
- Tipo di connessione AC alla rete trifase 3 fili + PE o 4 fili + PE;
- Efficienza massima superiore al 95%;
- Consumo notturno < 1W;
- Grado di protezione minimo IP65.

Il dispositivo dovrà essere dotato, inoltre, di porta seriale RS485 per diagnostica e controllo da remoto e uscita ausiliaria DC (24 V, 300mA). Nel prezzo sono compresi tutti gli accessori ed ogni altro onere, previsto o prevedibile, per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

4.5 CAVI ELETTRICI E CABLAGGI

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC;
- Tipo FG21M21 per cavi in corrente continua, posati all'esterno, per il collegamento tra le stringhe e i quadri di stringa;
- Tipo NO7V-K (1xn) per cavi in corrente alternata, per il collegamenti all'interno del quadro generale dove sono inseriti gli interruttori automatici magnetotermici, gli scaricatori di sovratensione e l'interruttore magnetotermico differenziale generale;
- Tipo FG7OR (1xn+nC) per cavi in corrente alternata, per il collegamento tra ogni inverter e il quadro generale in corrente alternata;
- Tipo FG7OR (3xn+nC) per il cavo che collega il quadro generale in corrente alternata dell'impianto fotovoltaico e il quadro di misura fiscale (contatore ENEL);
- Tipo FG7OR (3xn+nC) per il cavo che collega il quadro di misura fiscale e il quadro elettrico di arrivo;
- Tipo NO7V-K (1xn) per i cavi dei conduttori di protezione lato corrente continua e corrente alternata.

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22 II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL. Con ogni sezione adottata la caduta di tensione dovrà sempre essere contenuta entro il 2% del valore misurato partendo da qualsiasi modulo del campo fotovoltaico fino al gruppo di conversione.

4.6 QUADRO DI STRINGA LATO CORRENTE CONTINUA

I quadri elettrici installati tra il campo fotovoltaico e gli inverter consentiranno il sezionamento di ogni singola stringa di pannelli, la protezione di ogni stringa ed ogni inverter da sovracorrenti (cortocircuito) e da sovratensioni (fulminazione indiretta). Per ogni singola stringa dovranno essere montati in serie i seguenti componenti:

- Sezionatore non apribile sotto carico con fusibile categoria utilizzo DC20;
- Limitatore di sovratensione di tipo combinato (limitazione ed innesco) a varistori e spinterometro, costituito da moduli di protezione di tipo II, secondo CEI EN 61643-11;

Per ogni quadro in corrente continua sarà montato un sezionatore apribile sotto carico

Multipolare. Ciascun quadro sarà realizzato con grado di protezione IP65.

4.7 QUADRO GENERALE LATO CORRENTE ALTERNATA

Il quadro elettrico generale deve essere installato tra l'inverter e il gruppo di misura e deve contenere n.1 interruttore automatico magnetotermico quadripolare. A valle dell'interruttore sarà installato un ulteriore dispositivo magnetotermico quadripolare in serie con un interruttore differenziale di tipo A e corrente di intervento di 0.3A. Il quadro elettrico sarà realizzato con un grado di protezione IP65.

4.8 QUADRO DI SEZIONAMENTO

Il quadro elettrico di sezionamento deve essere installato a valle del gruppo di misura dell'energia elettrica prodotta e a monte del quadro elettrico di arrivo. Dovrà contenere un dispositivo di sezionamento. La funzione di questo sezionatore è quella di evitare che durante la connessione dell'impianto fotovoltaico alla rete elettrica, oppure durante interventi di manutenzione sul gruppo di misura, si debba aprire l'interruttore generale del quadro elettrico a cui viene collegato l'impianto.

4.9 IMPIANTO DI MESSA A TERRA

Il campo fotovoltaico dovrà essere gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra, mentre tutte le masse del campo fotovoltaico devono essere obbligatoriamente messe a terra.

Ciascun modulo fotovoltaico installato all'interno del campo fotovoltaico deve avere classe II di isolamento, deve essere perciò dotato di doppio isolamento (isolamento principale e isolamento supplementare). Ciascun cavo in corrente continua utilizzato per il collegamento tra le stringhe e gli inverter dovrà avere classe II di isolamento, dovrà quindi essere dotato di una guaina per la protezione meccanica e di un isolamento rinforzato per il sistema elettrico servito.

I supporti metallici dei moduli (strutture portanti del campo fotovoltaico) non sono da considerarsi masse (non devono quindi essere collegate a terra) se vengono utilizzati cavi in corrente continua con classe II di isolamento. A valle dell'inverter il sistema fotovoltaico diventa un'estensione della rete, la quale deve essere dotata di almeno un punto di messa a terra. Il sistema fotovoltaico è quindi a terra tramite la rete, pertanto si può considerare la parte di impianto a valle dell'inverter come un sistema TT (sistema elettrico collegato a terra e masse collegate a terra). E' quindi obbligatorio collegare a terra tutte le masse (lato generatore) a monte del punto di parallelo con la rete, tali masse saranno protette da un interruttore differenziale montato a valle dell'ultima massa lato generatore. Il punto di parallelo tra l'impianto fotovoltaico e la rete deve essere a monte di tutti i dispositivi differenziali che proteggono le masse dell'impianto utilizzatore (CEI 64-8).

Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.

4.10 SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO

Il sistema di controllo e monitoraggio deve essere in grado di valutare la produzione di energia attesa da un impianto fotovoltaico, a partire dall'energia solare che arriva effettivamente sul pannello, e dall'energia elettrica prodotta e misurata all'uscita degli inverter. Il sistema di controllo e monitoraggio prevede l'utilizzo di un datalogger in grado di acquisire i dati forniti dall'inverter, lo stesso dispositivo è inoltre connesso al sensore di irraggiamento, per rilevare la radiazione solare incidente sulla superficie dei moduli, e per l'acquisizione della temperatura per la calibrazione. Il sensore di irraggiamento sarà installato presso l'impianto fotovoltaico e sarà gestito da un dispositivo che provvede ad acquisire i dati e a inviarli (tramite modem GPRS o rete Ethernet) al centro di controllo remoto. Il sistema di controllo e monitoraggio, deve permettere, per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter e dei moduli installati.

5 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE IN GALLERIA E ALL'APERTO

5.1 PREMESSA

Le gallerie e i sottopassi devono essere provvisti di illuminazione diurna e notturna progettate secondo il D.M. 14 settembre 2005 "Norme di illuminazione delle gallerie stradali". Si distinguono le seguenti tipologie di illuminazione:

- Illuminazione ordinaria costituita dall'illuminazione permanente e dall'illuminazione di rinforzo;
- Illuminazione di emergenza costituita dall'illuminazione della galleria in condizioni di interruzione di erogazione dell'energia elettrica e in grado di garantire un livello minimo di luminanza di 1 cd/mq sull'intera galleria per un tempo minimo di 30 minuti. L'emergenza deve essere segnalata agli utenti della galleria tramite l'indicazione "Galleria non illuminata";
- Illuminazione di sicurezza costituita dall'illuminazione delle vie di fuga.

L'impianto di illuminazione in galleria è costituito da corpi illuminanti a Led posati su passerella metallica forata in acciaio inox AISI 304 o 316L, collegati a cassetta di derivazione tramite spina CEE 2P 16A 230V IP66 ed alimentati tramite dorsale di opportuna sezione. Nel caso dei circuiti

afferenti l'illuminazione permanente si utilizzeranno cassette di derivazione con grado di protezione non inferiore a IP65 secondo CEI EN 60529, grado di resistenza agli urti minimo IK07 e certificazione per garantire la funzionalità per almeno 90 minuti a 850° secondo norma EN 50362. L'impianto di illuminazione all'aperto, invece, è costituito da corpi illuminanti sempre a Led installati su pali in acciaio o vetroresina di opportuno diametro e lunghezza. Per conseguire il massimo risparmio energetico, in conformità con la UNI11095/11, si prevede la realizzazione di un sistema di controllo del flusso luminoso per lampade a led gestito con tecnologia ad onde convogliate o onde radio.

5.2 APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE A LED PER GALLERIA

Il corpo illuminante utilizzato è di tipo modulare, completo di interfaccia per la gestione del flusso luminoso punto-punto ad onde convogliate o onde radio con alimentatore interno, di tipo simmetrico o asimmetrico controflusso con struttura portante realizzata in alluminio estruso, pressofuso o in acciaio inox almeno AISI 304. Deve essere dotato di sistema di dissipazione del calore concepito in modo tale da garantire per il gruppo ottico il mantenimento di almeno l'80% del flusso luminoso a T=25°C per un periodo di almeno 90.000 ore (L80B10) ed una vita media di almeno 110.000 ore in condizioni di normale funzionamento (TM21 – L70). Finitura superficiale mediante anodizzazione o verniciatura con garanzia integrale di almeno 10 anni contro la perforazione passante. Supporto di montaggio completo di piastra e chiusure a leva per aggancio rapido a canalina porta-cavi, con sistema anti-caduta il tutto realizzato in lamiera di acciaio inox almeno AISI 304. Alimentazione elettrica da 230V±15% 50Hz, cosϕ>0,9, corrente di pilotaggio da 350mA fino a 750mA, temperatura colore compresa tra 4000K e 6000K, efficienza luminosa non inferiore a 105lm/W, temperatura di funzionamento da -30°C a +45°C, classe di isolamento elettrico II, grado di protezione IP66 conforme a EN60598-1, grado di resistenza meccanica agli urti non inferiore a IK08. Il corpo illuminante viene fornito con cavo uscente di sezione minima 2x1.5mmq di tipo FTG10(O)M1 nel caso di utilizzo per illuminazione permanente e FG10(O)M1 nel caso di utilizzo per illuminazione di rinforzo, e spina CEE 2P 16A 230V IP66, completo di viteria in acciaio inox almeno AISI 304. Sono compresi accessori, staffe per attacco alla canalina, materiali per il cablaggio e quanto altro occorre per dare il lavoro compiuto a perfetta regola d'arte. Garanzia del costruttore sull'intero prodotto di almeno 5 anni.

5.3 APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE A LED PER ESTERNO

L'apparecchio utilizzato è a Led ed è adatto per applicazioni nel campo della pubblica illuminazione. Deve avere classe di isolamento II, grado di protezione almeno IP66, driver completamente programmabile ed impostabile attraverso Tool di configurazione dedicato, alimentazione 230V/50Hz, driver regolabile con ingresso 1-10V o DALI, sistema CLO (ConstaFlux). Il driver deve essere regolabile con ingresso 1-10V e/o DALI per controllo esterno. Temperatura Colore:

Tc = 4000 K - Resa Cromatica: CRI>75 - Sorgente Luminosa: LED ad alta potenza, corrente di pilotaggio programmabile 200mA<If<700mA - Ottica: in PMMA. Concetto di illuminazione Multi-layer, ogni ottica illumina tutta la sede stradale, per garantire i parametri di uniformità anche in caso di spegnimento di qualche LED. Durata di vita economica: fino a 100.000 ore, L90F10, Ta=25°C; Flusso luminoso residuo superiore al 90% del flusso iniziale a T ambiente esterna media pari a 25°C. Durata di vita completamente impostabile tramite Tool di configurazione. LED e driver forniti di sensore di temperatura, per evitare sovra-temperature sulla piastra e garantire la durata dei LED. Corpo, copertura superiore, clip di chiusura e attacco palo in pressofusione di alluminio, a basso contenuto di rame anti-corrosione, verniciati secondo indicazione colore fornita dalla Direzione Lavori. Apparecchio fornito con driver elettronico incapsulato per applicazioni outdoor, cablato in Classe 2. Comprensivo di interfaccia per la gestione sia ad onde convogliate che ad onde radio.

5.4 PALI E SOSTEGNI

I pali saranno del tipo in lamiera di acciaio zincato a caldo o in vetroresina, tipo troncoconico curvo o diritto, e dovranno essere posati entro apposito plinto prefabbricato in cls vibrato di dimensioni 80x80x100cm con resistenza caratteristica non minore di Rck 40 N/mmq per pali di illuminazione, tale da garantire la facilità di posa dei servizi grazie alla predisposizione di appositi fori. Il plinto deve essere realizzato da azienda in possesso di certificazione di Sistema Qualità Aziendale UNI EN ISO 9001. I plinti dovranno essere utilizzati per un rapido e preciso posizionamento dei pali stradali nelle varie dimensioni per garantire la portata dei pali nelle varie altezze. Devono essere dimensionati in funzione dell'altezza del palo e della zona sismica (D.M. 14.01.2008) e devono essere certificati secondo le norme UNI NTC del 2008.

Nel plinto dovranno essere ricavati:

- Un pozzetto ispezionabile con fori laterali per l'innesto dei cavidotti;
- Un foro disperdente alla base;
- Fori passacavi;
- Foro alloggiamento del palo;

Inoltre dovrà essere utilizzabile con chiusini sia in ghisa che in cls. Il palo deve essere bloccato nel basamento attraverso l'utilizzo di sabbia e cemento e la distanza di posizionamento di due pali successivi deve essere compresa tra 20 e 30 metri in accordo con i calcoli illuminotecnici.

5.5 SONDE FOTOELETTRICHE

Saranno costituite da un complesso di strumentazioni di rilevamento e di apparecchiature di attuazione in grado di regolare il livello di illuminamento degli imbocchi in funzione del valore di luminanza esterna.

La stazione di rilevamento esterna per la luminanza debilitante sarà costituita da:

- Una sonda fotosensibile tarata sui parametri di sensibilità spettrale dell'occhio umano, per la determinazione della luminanza debilitante;
- Un convertitore analogico atto ad elaborare la grandezza fisica misurata in un segnale elettrico (modulo di controllo);

La stazione sarà contenuta entro custodia stagna IP65 adatta per l'installazione all'aperto con la sonda fotosensibile alloggiata entro dispositivo ottico a cannocchiale.

Le caratteristiche principali della sonda di luminanza sono le seguenti:

- Sensore d'immagine CMOS a colori ad alta risoluzione dotato di matrice di 1280x1024 pixel per un totale di 1,3Megapixel;
- Calcolo della luminanza debilitante secondo le prescrizioni della norma UNI11095 Nov. 2011 per angoli compresi all'interno del diagramma di Adrian;
- Campo di sensibilità dei pixel compreso tra 0 cd/m2 e 20000 cd/m2;
- Campo di uscita (luminanza debilitante) del rilevatore compreso tra 0 cd/m2 e 1080 cd/m2;
- Trasmissione dati, da e verso il modulo di controllo, mediante porta seriale a tre conduttori con protocollo proprietario;
- Collegamento con PC, tramite linea seriale, per centratura iniziale, taratura e determinazione dell'area sotto controllo.

Le caratteristiche principali del modulo di controllo sono le seguenti:

- Tensione di alimentazione 24 Vdc/Vac ± 10%;
- Programmazione con tastiera a membrana su DIM;
- Visualizzazione su display a cristalli liquidi 2 x 16 caratteri su modulo DIM e LED di segnalazione;
- Trasmissione dati dal rilevatore ottico al circuito di controllo mediante due o cinque conduttori
- Segnale di controllo ai regolatori su protocollo proprietario;
- 4 uscite digitali a relè NO+NC - 1 uscita relè di allarme NO + NC;

- 4 ingressi optoisolati, configurabili singolarmente;
- Porte seriali RS232 e RS485;
- Impostazione soglie di attivazione dei relè di uscita;
- Impostazione isteresi di intervento dei relè;
- Lettura del valore di luminanza rilevato;
- Visualizzazione dello stato dei relè di uscita;
- Visualizzazione dello stato degli ingressi digitali;
- Visualizzazione allarmi;
- Reset dei parametri impostati e ritorno automatico ai parametri di default;
- Totale programmabilità da remoto tramite BUS o modem GSM;
- Vari tipi di funzionamenti: crepuscolare, rinforzo, ciclo, crepuscolare + ciclo, rinforzo + ciclo
- Possibilità di impostare dei cicli orari di funzionamento che vanno a comandare singolarmente il segnale di controllo e le 4 uscite digitali;
- Il microprocessore registra su memoria interna le ore di funzionamento dei singoli circuiti di rinforzo che vengono attivati dal modulo, registra a campionamento costante le misure rilevate dalle sonde e gli eventuali allarmi di malfunzionamento sonde, condizione di degrado, allarmi, ed altro;
- Possibilità di azzerare tutti i tempi di tempi di ritardo e di rampa impostati per velocizzare le eventuali operazioni di messa in servizio e controllo;
- Disponibilità di una password personalizzata impostabile dall'utente.

5.6 SISTEMA DI CONTROLLO E REGOLAZIONE ILLUMINAZIONE A LED

Per la gestione del flusso luminoso è prevista la fornitura di una scheda elettronica da posizionare all'interno di ogni proiettore e una centrale da ubicare all'interno della cabina elettrica ed in particolar modo inserita sul quadro di illuminazione, con opportuno posizionamento di un banco di filtri tra il modulo di controllo e gli interruttori di comando di ciascuna linea elettrica al fine di isolare la centralina dalla rete. Ogni centralina dovrà essere in grado di controllare almeno 900 punti luce contemporaneamente indifferentemente tra corpi illuminanti di permanente e rinforzo. Ciascuna centralina dovrà essere in grado di interfacciarsi con il sistema SCADA di galleria. Ciascuna centralina dovrà comunicare con gli apparecchi a Led (direttamente o mediante gateway) ed essere in grado di leggere tutti i valori dei parametri degli apparecchi a Led. I protocolli di trasmissione sulla rete Ethernet saranno basati su protocollo Modbus

TCP/IP. Ciascuna lampada a Led dovrà essere fornita di un modulo di interfaccia (già inserito nel proiettore) in modo da poter comunicare con la centralina di gestione in modalità punto-punto. Il sistema dovrà:

- Effettuare una scansione periodica (con frequenza impostabile da remoto) di tutti gli apparecchi in rete per verificare lo stato di funzionamento degli apparecchi;
- Determinare lo stato generale di funzionamento degli apparecchi a LED;
- Essere in grado di controllare almeno due fornici indipendenti.

Il sistema dovrà, altresì, disporre:

a) di una interfaccia consultabile via Web per:

- Impostare i parametri del sistema;
- Verificare la percentuale dello stato di funzionamento corretto degli apparecchi;
- Verificare la percentuale dello stato di funzionamento dei gateway;
- Rendere disponibile un sinottico della galleria con indicazione del funzionamento dei singoli apparecchi

b) di una interfaccia grafica locale in grado di controllare l'impianto

c) di una interfaccia modbus TCP per l'integrazione con il PLC o sistema SCADA ANAS, che consente di:

- Leggere e impostare l'intensità luminosa generale della galleria;
- Leggere la percentuale di funzionamento dei gateway.

Il gateway, infine, dovrà essere in grado:

- Di conversare con l'interfaccia Ethernet e l'interfaccia della rete locale in galleria (bus, onde convogliate, wireless, ecc.);
- Di gestire la comunicazione locale con almeno 250 apparecchi in una delle tipologie adottate.

In particolare si prevede di installare un sistema di controllo e diagnostica dei singoli punti luce basato sulla comunicazione in tempo reale a onde convogliate o onde radio tra centralina e singoli proiettori a LED, secondo le prescrizioni della EN 50065-1 (trasmissioni di segnali su rete elettriche a bassa tensione nella gamma di frequenze da 3 a 148,5 KHz).

Tale sistema di gestione e controllo dei proiettori a lampade LED proposti permette di monitorare continuamente i corpi illuminanti e diminuire ulteriormente i consumi energetici.

Il sistema è composto da due tipi di componenti:

- componenti da installare all'interno dell'apparecchio a LED;

- componenti da installare all'interno del quadro di alimentazione.

Con la comunicazione ad onde convogliate o onde radio, è possibile agire su tutti i parametri dei corpi illuminanti a LED, come ad esempio la frequenza di acceso/spento, la tensione di rete, la corrente assorbita, il tempo totale di accensione.

Il modulo ricetrasmittente installato all'interno del singolo proiettore è un modulo che lavora a onde convogliate o onde radio per il controllo, comando e segnalazione dei parametri dei punti luce a LED (uno per ogni punto luce da telecontrollare), con le seguenti caratteristiche:

• Posizionamento nel vano del proiettore;

• Grado di protezione standard IP00 (IP 20 in alternativa) per montaggio all'interno del proiettore;

• Uscita optoisolata con comando duty cycle a frequenza 200Hz per il comando della dimmerazione; da 0 % a 100% del proiettore con step di 1% (a richiesta comando 0-10Vdc);

• Duty Cycle possibile (o comando 0-10Vdc): da 0% a 100% con step di 1%;

• Isolamento tra alimentazione e comando: min 6mm in aria e 5000Vdc;

• Comunicazione tramite onde convogliate direttamente sui cavi di alimentazione con modulazione tipo ASK e portante a 125KHz (classe1 16);

• Tensione di alimentazione: 230Vac +/-10% 50Hz;

• Temperatura di funzionamento: da -10 a +60°C;

• Temperatura di stoccaggio: da -30 a +80°C;

• Lettura per ogni punto luce delle seguenti grandezze da remoto:

- Stato della lampada (accesa/spenta);
- Tensione di rete;
- Corrente assorbita;
- Tempo totale di proiettore acceso;
- Tempo totale di proiettore alimentato.

Il Modulo di controllo è installato nel quadro di alimentazione dell'impianto, per la gestione della comunicazione a onde convogliate o onde radio con i moduli all'interno dei singoli proiettori. E' predisposto inoltre per comunicare verso il sistema di telegestione centrale.

• Codice Utente, codice Impianto;

• Cambio ora "Solare / Legale";

• Controllo di almeno 900 moduli LED;

• Memorizzazione dei seguenti dati:

- Numero identificativo del singolo modulo proiettore;
- Tempo di riscaldamento;
- Angolo di massima dimmerazione;
- Angolo per la funzione di "Minimo consumo";
- Rampa di salita;
- Rampa di discesa;
- Gruppi di appartenenza;
- Tratta di appartenenza;
- Angolo di minimo consumo letto dal modulo;
- Contatore di chiamate al modulo;
- Contatore di chiamate al modulo non risposte;
- Contatore di chiamate non risposte consecutive;
- Contatore di chiamate consecutive con risposte di lampada spenta;
- 1 byte che definisce quali parametri devono essere trasferiti al modulo;
- Data in cui deve avvenire il trasferimento;
- Abilitazione applicazione della "Funzione scenografica".

Per ogni modulo del proiettore inoltre il modulo da quadro mantiene in memoria 2 scenografie. Le 2 scenografie sono associate ai 2 periodi dell'anno definiti come ora solare e ora legale. Le scenografie sono costituite da 5 tempi associati a 5 livelli di dimmerazione. Per ogni scenografia quindi il modulo da quadro memorizza le seguenti informazioni:

- Il primo step è impostato all'accensione del modulo;
- Livello di dimmerazione del primo step;
- Ora del secondo step di dimmerazione;
- Livello di dimmerazione del secondo step;
- Ora del terzo step di dimmerazione;
- Livello di dimmerazione del terzo step;
- Ora del quarto step di dimmerazione;

- Livello di dimmerazione del quarto step;
- Ora del quinto step di dimmerazione;
- Livello di dimmerazione del quinto step;

Nel caso di sistema ad onde convogliate, sono inoltre previste bobine filtro installate nel quadro di comando per isolare la rete telecontrollata verso monte (lato alimentazione), di corrente nominale da individuare in funzione della corrente nominale prevista in linea.

6 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA

6.1 PREMESSA

L'illuminazione di sicurezza deve consentire la messa in sicurezza degli utenti attraverso le vie di fuga, ovvero l'individuazione da parte degli utenti e degli addetti al soccorso delle dotazioni per la sicurezza antincendio e le stazioni di emergenza. In generale dovrà essere previsto un elemento luminoso a led su entrambi i lati della galleria, con la duplice funzione di illuminare il camminamento in prossimità della barriera stessa e di segnalare il verso di percorrenza della galleria in caso di emergenza. Si deve prevedere, inoltre, l'installazione di un modulo adatto ad individuare in maniera univoca una via di fuga o un luogo sicuro (per esempio le porte di un by-pass). Il picchetto luminoso in galleria può essere installato secondo due modalità:

- Sul profilo redirettivo;
- Sul piedritto della galleria.

L'illuminazione a terra deve essere realizzata tramite moduli a LED che dovranno assicurare un illuminamento medio di 5 lux per una fascia di minimo 90cm, all'interno della quale l'illuminamento minimo non dovrà essere inferiore a 2 lux. Tale fascia dovrà iniziare entro una distanza di 30 cm dal piede della barriera redirettiva o del piedritto.

6.2 CORPO ILLUMINATE PUNTUALE PER ILLUMINAZIONE DI EVACUAZIONE

Il sistema è costituito da un picchetto luminoso o plafoniera, ad interasse massimo di 25ml, formato da una calotta esterna trasparente incolore, antiurto, provvista di supporto per il montaggio della fonte luminosa, in acciaio inox AISI 304, in policarbonato, resina poliestere rinforzata con fibre di vetro senza alogeni, o materiali con prestazioni equivalenti. Le parti incollate con prodotti acrilici devono garantire la realizzazione di involucri perfettamente stagni in grado di impedire l'ingresso di umidità e polveri. Esso è costituito da due sorgenti luminose: una sorgente luminosa a LED è destinata a delineare il percorso di evacuazione e guidare i pedoni verso l'uscita di emergenza in conformità alla norma UNI EN 16276, un'altra sorgente luminosa a LED

è destinata all'illuminazione a terra del medesimo percorso in conformità alla norma EN 1838/1999, D.lgs. n° 264/2006 e Linee Guida ANAS. Ulteriori caratteristiche tecniche:

- Sorgente luminosa costituita da una scheda a circuito stampato con led di potenza che dovranno essere tali da assicurare un illuminamento medio di 5 lux all'interno del quale l'illuminamento minimo non dovrà essere inferiore a 2 lux;
- Tensione di alimentazione 24Vdc;
- Potenza in funzionamento di emergenza 4W;
- Sorgente luminosa costituita da una scheda a circuito stampato con led di potenza che in condizione normale, dovranno garantire l'intensità luminosa di ciascuna luce non maggiore di 40 cd in un cono di 2x15° come da normativa UNI EN 16276; in caso di emergenza l'intensità della luce deve poter essere aumentata;
- Intensità luminosa minima di 1 cd in tutte le direzioni.

6.3 PLAFONIERA PER IDENTIFICAZIONE USCITA DI EMERGENZA

Il sistema è costituito da una sorgente luminosa a LED, per l'illuminazione delle uscite di emergenza nelle gallerie stradali conforme alle indicazioni delle "Linee Guida per la progettazione della sicurezza nelle Gallerie Stradali secondo la normativa vigente", nonché alle norme UNI EN 16276. I moduli luminosi dovranno essere installati attorno o su entrambi i lati della porta di uscita di emergenza, garantendo la visibilità anche in situazioni di fumo molto denso. Il sistema dovrà essere collegato ad una centralina di controllo, alimentata dalla rete, che consente l'attivazione dei moduli. Principali caratteristiche costruttive:

- Costituito da una plafoniera con calotta esterna trasparente incolore, provvista di supporto per il montaggio della fonte luminosa. Le parti incollate con prodotti acrilici devono garantire la realizzazione di involucri perfettamente stagni in grado di impedire l'ingresso di umidità e polveri;
- Componentistica per il fissaggio e collegamento del sistema in acciaio inox AISI 304 e tale da garantire una resistenza di strappo di almeno 150 Kg;
- Componenti elettroniche completamente sigillate ed impermeabili, IP66;
- Bassa infiammabilità testato a norma UL94-V0;
- I moduli devono essere in grado di resistere alle condizioni ambientali delle gallerie, a sistemi di pulizia ad alta pressione o getto di vapore e spazzolatrici;
- Le sporgenze degli elementi puntuali di fissaggio devono essere raccordate e prive di spigoli vivi.

- Equipaggiamento elettronico comprensivo di LED a efficienza luminosa non minore di 100 lm/W, di colore verde;
- In caso di emergenza l'intensità luminosa dovrà essere non minore di 100 cd in tutte le direzioni di emissione e dovranno lampeggiare con una frequenza compresa tra 0,5 Hz e 2,0 Hz;
- Sistema di alimentazione dei LED in grado di garantire la regolazione lineare dell'intensità luminosa emessa da 0% (spento) a 100% (Massima) tramite segnale 0÷20mA od a gradini tramite contatti "ONOFF";
- Corrente max assorbita 140mA a 24V;
- Con durata media dei LED di 75.000 ore senza decremento luminoso;
- I corpi luminosi sono dotati di morsettiera in ceramica resistente al calore.

6.4 SEGNA MARGINE OTTICO A LED

L'involucro del modulo a led sarà di colore bianco, realizzato in pressofusione di alluminio-magnesio e avrà dimensioni indicative di 165x165x20mm.

Il corpo illuminante sarà costituito da led di colore bianco ad altissima luminosità e sarà dato in opera mediante il fissaggio alla pavimentazione mediante tirafondi o viti in acciaio inox con diametro di circa 4-5mm. Per i collegamenti elettrici, ogni modulo sarà dotato di morsetti per accesso cavi di sezione minima 2,5mmq con derivazione diretta al corpo illuminante in grado di garantire un grado di protezione almeno IP66. In particolare, il modulo ottico avrà le seguenti caratteristiche:

- Colore della luce: bianco;
- Alimentazione: 24Vdc;
- Assorbimento: fino a 50mA;
- Dimensioni indicative: 165x165x20mm;
- Grado di protezione: minimo IP66;
- Classe di isolamento: II;
- Tempo di vita: > 80.000 ore.

L'alimentazione dei moduli ottici avverrà tramite l'utilizzo di centraline eventualmente posizionate all'interno del quadro elettrico di illuminazione di galleria o in apposito quadretto comunque ubicato nei locali della cabina elettrica. I moduli verranno installati su entrambi i lati della carreggiata.

6.5 ALIMENTATORE STABILIZZATO AC/DC

L'alimentatore sarà del tipo stabilizzato AC/DC adatto per applicazioni ove sia necessario un elevato rapporto tra la potenza di uscita ed una tensione particolarmente stabile e precisa; esso sarà alloggiato entro apposito contenitore in alluminio pressofuso o acciaio inox almeno AISI 304. Il dispositivo sarà provvisto di protezione contro il sovraccarico elettrico e termico. L'alimentatore sarà tarato nel range 20-26Vdc. E' possibile una regolazione interna della tensione di uscita tramite contatto NO. La potenza nominale è considerata per servizio continuo. L'alimentatore stabilizzato dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Temperatura di funzionamento tra 0 e +40°C;
- Uscita opto-isolata;
- Tensione d'ingresso: 200 ÷ 260Vac;
- Corrente ingresso a 230Vac: 1,2 A;
- Fusibile d'ingresso di taglia almeno pari a 1,6 A;
- Tensione di uscita selezionabile: 20Vdc o 28Vdc;
- Corrente di uscita massima a 24Vdc in servizio continuo: 10 A;
- Potenza massima in uscita: 250W;
- Dimensioni indicative: 145x72x182mm;
- Grado di protezione: IP20;
- Protezione termica: 80°C.

Sarà compreso ogni altro componente necessario nessuno escluso; compresa la realizzazione dei cablaggi, l'assemblaggio, il tutto a norma di legge, ogni altro onere e magistero compreso.

7 IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

7.1 PREMESSA

L'impianto di ventilazione meccanica in galleria deve portare alla definizione di una configurazione impiantistica ottimale in grado di garantire:

- La diluizione delle emissioni dei veicoli all'interno della galleria in condizione di esercizio (ventilazione sanitaria);
- La compatibilità ambientale della struttura;
- La gestione e il controllo dei fumi in caso di eventi incidentali possibili individuati come rilevanti (ventilazione di emergenza).

La ventilazione *sanitaria* deve avere il compito di:

- Diluire gli inquinanti emessi dagli autoveicoli in ogni regime di traffico;
- Diluire gli inquinanti emessi dagli autoveicoli in caso di arresto del traffico conseguente all'accadimento di un incidente non rilevante.

La ventilazione di *emergenza*, invece, avrà il compito di:

- Disperdere l'energia termica generata dal focolaio di incendio;
- Gestire e controllare il moto dei fumi;
- Diluire le sostanze tossiche ed infiammabili.

La gestione ed il controllo dell'impianto di ventilazione è legato all'integrazione dello stesso con tutti quei dispositivi per la misura dei parametri ambientali all'interno della galleria:

- Velocità e direzione del vento (anemometro);
- Concentrazione di CO, NO, NO_2 e grado di opacità dell'aria (opacimetro);
- Strumento di misura della temperatura e dei fumi.

Sistemi di ventilazione raccomandati per le gallerie stradali		
Aree di applicazione dei sistemi di ventilazione	- *Lunghezza della galleria [km]*	
Ventilazione naturale	-	- ≤ 1.0

Ventilazione longitudinale con jet-fans Ventilazione longitudinale con jet-fans ed estrazione dei fumi	-	- ≤ 4.0 - ≤ 6.0
Ventilazione semi-trasversale	-	- ≥ 2.0
Ventilazione trasversale	-	- ≥ 6.0

7.2 ELETTROVENTILATORE ASSIALE PER GALLERIA

- Dovrà essere in acciaio inox AISI 304 o 316L e dovrà essere resistente al fuoco per almeno 90 minuti a 400°C, dovrà essere, inoltre, costituito da:
- Una girante assiale speciale per alte temperature con pale a profilo alare tale da assicurare in contro-rotazione 100% della portata volumetrica nominale a flusso unidirezionale, bilanciata staticamente per ottenere un livello di vibrazione di G6.3 secondo ISO 1940. L'angolo di calettamento delle pale può essere modificato da fermo per la definizione della portata e della spinta volute.
- Pale a mozzo costruite in lega d'alluminio Silumin secondo EN 1676 e B.S. 1490:1988 (equivalenti ad ISO 3522 e 7720), con grado LM 13 (equivalente ad ISO 3522 e 7720), ovvero in acciaio inox.
- Mozzo con inserto di acciaio o ghisa con sede per linguetta per accoppiamento diretto all'albero motore secondo B.S. 4235: 1972.
- Motore elettrico, asincrono, trifase, ad induzione, con rotore a gabbia di scoiattolo, adatto per avviamento diretto e per funzionamento continuo secondo B.S. 5000: 1973, Parte 99, equivalenti a I.E.C. 34-1; classe di isolamento H con materiali isolanti in poliestere o similare, avvolgimenti impregnati con silicone, guaina isolanti cavi con materiali in fibra o similare. Protezione meccanica IP 55, secondo B.S. 4999: 1972, Parte 20, equivalenti a I.E.C. 34-5. Morsettiera riportata all'esterno sulla cassa dell'acceleratore e grado di protezione IP 55. Cuscinetti motore, di tipo prelubrificato, dimensionati secondo ISO 281-L10, 20.000 ore, con una vita media del cuscinetto di 100.000 ore.
- Cassa di alloggiamento del gruppo motore/girante, costruita in acciaio inox almeno Grado AISI 304L con spessore minimo di 3 mm e completa di flange per l'accoppiamento opportunamente forate. Cassa predisposta per l'installazione di sensore di vibrazioni per monitoraggio continuo dello stato vibratorio. I ventilatori sono adatti anche per funzionamento in emergenza in caso d'incendio con temperatura di 400°C per almeno 90 minuti. Dopo il funzionamento in emergenza (400°C per 120 minuti), l'unità completa deve essere sottoposta a revisione.

- Incluso nella fornitura ci dovranno essere le staffe e controstaffe di ancoraggio alla volta in acciaio ASI 304 o 316L dotate di giunto antivibrante e di catena di acciaio di sicurezza, sistema di controllo della orizzontalità del ventilatore gestito dal sistema di telecontrollo locale, in modo da rilevarne eventuali distacchi dai supporti di fissaggio alla volta unitamente a due silenziatori di estremità in acciaio inox con materiale fonoassorbente in lana minerale imputrescibile, antimuffa ed ininfiammabile, completi di boccaglio in acciaio al carbonio zincati a caldo a forma aereodinamica, nonché dei necessari collegamenti e cablaggi elettrici il tutto in protezione IP 55.
- L'elettroventilatore completo dovrà risultare bilanciato secondo ISO 13350:1999 per ottenere un livello di vibrazione di 2.8 mm/s r.m.s.

7.3 INVERTER PER ELETTROVENTILATORE IN GALLERIA

- Temperatura ambiente -10°C +50°C senza declassamento dell'azionamento, e per immagazzinamento -20°C a +70°C. Il dispositivo deve soddisfare i seguenti requisiti:
- Sovraccarico azionamento 110% per 60 sec e 150% per 3 sec;
- Valore massimo della totale distorsione di corrente (THD-I) 3,5%;
- Valore massimo della totale distorsione di tensione (THD-V) 3,5%;
- Valore massimo di distorsione di corrente verso il motore 1,5%;
- Valore massimo di distorsione di tensione verso il motore 1,5%;
- Picco corrente all'accensione del drive non superiore al 5A;
- Fattore di potenza verso rete valore minimo 98%;
- Ponte ingresso AFE;
- Totale distorsione armoniche di corrente massimo (THDI) 3,5%;
- No resistenza di frenatura;
- La tensione di modo comune, generata dall'azionamento, ai morsetti del motore non può essere superiore a 30V;
- Picchi di tensione dv/dt limitate non superiore a 15V/µsec (V/microsecondo);
- Possibilità con le sovratensioni (limitate) dell'azionamento a utilizzare cavi standard, con tensione d'isolamento standard, senza schermatura, cavi come per avviamento diretto da rete;
- Rendimento totale dell'azionamento, da rete a uscita verso motore non può essere inferiore al 97,5%;

- Valore del MTBF (valore della media del tempo tra 2 guasti) minimo: 100.000 ore, calcolati a 30°C;
- Generatore adatto per funzionamento sotto generatore d'emergenza, senza declassamento del gruppo d'emergenza Possibilità d'avviamento simultaneo del 50% degli azionamenti senza sovradimensionamento del generatore;
- Spostamento della tensione del neutro del motore Non superiore a 15V;
- Tensione d'onda riflessa sui cavi Tensione d'onda riflessa ridotta, valore massimo 30V;
- Protocollo di comunicazione ModBus, in alternativa Ethernet;
- Grado di protezione azionamento IP22;
- Grado umidità 90% senza condensa.
- Protezione sovratensione, sotto tensione, sovraccarico, termica, corto circuito, massa, disquilibrio delle fase, i2t motore.

L'azionamento dovrà essere completo della sicurezza Safety Torque Off, garantendo il blocco dell'azionamento in caso di manutenzione sul motore (sicurezza complementare all'interruttore di sezionamento sito nelle vicinanza motore) da abbinare con relè di sicurezza.

7.4 SENSORI DI VIBRAZIONE E CEDIMENTO

Tale strumentazione rileva e controlla le vibrazioni di ciascun ventilatore installato e consente di verificare nel tempo il buon funzionamento della macchina, prevenendo in tal modo rotture. Inoltre va previsto un sistema di controllo della orizzontalità del ventilatore, in modo da rilevarne eventuali distacchi dai supporti di fissaggio alla volta. Vi è così la possibilità di fermare il ventilatore, quando le vibrazioni superano un livello prefissato e di programmare un intervento di manutenzione per sostituire parti danneggiate, effettuare una pulizia delle pale (i depositi non uniformi generano squilibri e di conseguenza vibrazioni), controllare i fissaggi del ventilatore, intervenire in caso di distacco dei fissaggi, etc. Il sistema si compone di:

- Centralina completa di alimentatore;
- Elaboratori bicanali;
- Trasduttori.

Per ciascun ventilatore è prevista l'installazione sulla cassa di un trasduttore sismico di vibrazione secondo una qualsiasi direzione radiale, del tipo elettrodinamico (velocimetro), con contatti muniti di telecomando, contenuto in involucro di alluminio anodizzato IP65, sensibilità tra-

sversale <7% e sensibilità nominale di 21.2mV/mm/s. I trasduttori devono poter operare correttamente nel campo di temperature da -10° a 100°C, con risposta in frequenza lineare nel campo da 10 a 1000 Hz.

Il segnale generato dal trasduttore fa capo ad un elaboratore bicanale per la codifica e la lettura dei dati in arrivo dai trasduttori sismici sotto forma di segnali analogici (unità di misura vibrazione mm o mm/sec – campo di misura 0+100 mm ÷ 0+10 mm/sec), completo di contatto di allarme a mezzo di 1 SPDT per ogni canale (con ritardo massimo intervento allarme 20 sec.) e segnalazione con LED, nonché potenziamento manuale di taratura. I segnali codificati dovranno essere trasmessi alla centralina elettronica di elaborazione posta in cabina. Il collegamento viene effettuato mediante cavo schermato di opportuna sezione (fino a 200 metri 2x1 mm – fino a 400 metri 2x1,5 mm – fino a 800 mm 2x2,5 mm). La centralina di elaborazione è collocata in un apposito armadio in galleria e dovrà essere completa di elemento modulare per contenimento in Rack 19", con tensione di alimentazione +15 V/-15V; essa dovrà essere collocata in un apposito armadio in galleria. In ogni centralina sono installati:

- Un alimentatore dotato di interruttore generale;
- Un numero di schede di elaborazione dei segnali pari ai ventilatori monitorati;
- Una morsettiera per le connessioni esterne.

Il trasduttore deve essere di tipo sismico elettrodinamico (velocimetro) atto cioè a rilevare il parametro velocità di vibrazione; al suo interno non sono previsti circuiti di amplificazione o di linearizzazione del segnale. La risposta in frequenza del trasduttore deve essere lineare nel campo da 10 a 1000 Hz; dovrà operare correttamente nel campo di temperatura da -10°C a +100°C.

I trasduttori devono essere ermetici ed insensibili all'umidità ambientale (max 95%) e resistenti alla contaminazione da polveri ed oli lubrificanti con un grado di protezione IP65 (norme CEI).

Essi devono essere completi di connettore maschio-femmina a norme MUL in grado di resistere alle sollecitazioni meccaniche e termiche. Il cavo di collegamento con la centralina è di tipo N1VC7V-K sez. 2x2,5mmq. Il trasduttore deve poter essere installato secondo una direzione qualsiasi e fissato mediante una vite sufficientemente robusta (M8).

7.5 PRESA CON INTERRUTTORE DI BLOCCO

La cassetta di interblocco per elettroventilatori in galleria deve essere tale da assicurare la continuità elettrica a 850°C per 90 min. Le prese devono avere una tensione nominale 690 V da 3P+T. La categoria di utilizzo a 690 V è AC23A – AC3. La messa a terra deve essere assicurata con morsetto sia interno che esterno all'involucro della presa, elettricamente connesso. Sono

realizzate in pressofusione di alluminio, ignifugo, antifumo e non tossico. La presa deve essere dotata di interblocco meccanico. Il grado di protezione deve essere non inferiore a IP65 secondo la Norma CEI EN 60529 grado di resistenza agli urti IK10. La cassetta deve essere certificata per garantire la funzionalità per almeno 850 °C per 90 min. Compresa la fornitura, la posa in opera e ogni onere ed accessorio per dare il lavoro funzionante a perfetta regola d'arte. Sono comprese nella fornitura le staffe di fissaggio alla volta della galleria.

7.6 ANEMOMETRO AD ULTRASUONI

Lo strumento è del tipo ad ultrasuoni per la misura diretta ed automatica della velocità e della direzione dell'aria nelle gallerie. Lo strumento sarà del tipo puntiforme in alluminio/acciaio inox AISI316Ti verniciato con polvere epossidica RAL7032, avrà un grado di protezione IP66, sarà completo di n. 2 pressacavi M20 e sarà alimentato con tensione 18-48 V DC con assorbimento massimo di 3W.

Lo strumento sarà dotato della seguente interfaccia di comunicazione:

- Un segnale 4-20mA per la misura della velocità dell'aria;
- Un segnale 4-20mA per la misura della direzione del vento;
- Un segnale digitale tensione di commutazione 48 V DC, 0,5A, 24W per segnalazione richiesta manutenzione;
- Un segnale digitale tensione di commutazione 48 V DC, 0,5A, 24W per segnalazione guasto;
- Un'uscita RS232 e/o ethernet per collegamento a PLC di campo o di nodo SOS.

Nel prezzo, inoltre, sono compresi e compensati tutti gli oneri per la fornitura e posa in opera di scatole stagne di derivazione, tubazioni in acciaio di diametro adeguato, cavi e accessori per il fissaggio alla volta necessari per la formazione della linea di alimentazione elettrica della centralina a partire dalla dorsale posta in passerella o in tubazione protetta, delle linee di segnale dalla stazione alla periferica in galleria, sono altresì compresi i collegamenti delle linee suddette alle rispettive morsettiere e il fissaggio delle apparecchiatura sul piedritto della galleria e quant'altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

7.7 DISPOSITIVO PER LA MISURA DEL FUMO E DELLA TEMPERATURA IN GALLERIA

Lo strumento sarà del tipo puntiforme compatto con contenitore in acciaio inox AISI316Ti verniciato con polvere epossidica ed avrà grado di protezione IP69K. Lo strumento sarà completo di n. 2 pressacavi M20 e sarà alimentato con tensione 18-48 V DC con assorbimento massimo di 20W. Lo strumento sarà dotato della seguente interfaccia di comunicazione:

- Un segnale 4-20 mA 500 per la misura di fumo;
- Un segnale 4-20 mA 500 per la misura della temperatura;
- Un segnale digitale tensione di commutazione 48 V DC, 0,5A, 24W per segnalazione richiesta manutenzione;
- Un segnale digitale tensione di commutazione 48 V DC, 0,5A, 24W per segnalazione guasto;
- Un segnale digitale tensione di commutazione 48 V DC, 0,5A, 24W per impostazione soglia di allarme;
- Un'uscita RS485 Modbus o Profibus per collegamento a PLC di campo o di nodo SOS.

Nel prezzo, inoltre, sono compresi e compensati tutti gli oneri per la fornitura e posa in opera di scatole stagne di derivazione, tubazioni in acciaio di diametro adeguato, cavi e accessori per il fissaggio alla volta necessari per la formazione della linea di alimentazione elettrica della centralina a partire dalla dorsale posta in passerella o in tubazione protetta, delle linee di segnale dalla stazione alla periferica in galleria, sono altresì compresi i collegamenti delle linee suddette alle rispettive morsettiere e il fissaggio delle apparecchiatura sul piedritto della galleria e quant'altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

7.8 DISPOSITIVO PER LA MISURA DI OP-CO-NO-NO2

Fornitura e posa in opera di strumento puntiforme per la misura del grado di opacità (OP), della concentrazione del monossido di carbonio (CO) e della concentrazione del monossido/biossido di azoto (NO/NO2). Lo strumento è costituito da un unico dispositivo compatto contenente il gruppo ottico per la misura di OP e due celle elettrochimiche per la misura di CO e NO/NO2. Esso sarà composto da un contenitore in acciaio inox AISI316Ti verniciato con polvere epossidica ed avrà grado di protezione IP69K. Lo strumento sarà completo di n. 2 pressacavi M20 e sarà alimentato con tensione 18-48 V DC con assorbimento massimo di 20W.

Lo strumento sarà dotato della seguente interfaccia di comunicazione:

- Un segnale 4-20mA per la misura dell'OP;
- Un segnale 4-20mA per la misura del CO;
- Un segnale 4-20mA per la misura dell'NO/NO2;
- Un segnale digitale tensione di commutazione 48 V DC, 0,5A, 24W per segnalazione richiesta manutenzione;
- Un segnale digitale tensione di commutazione 48 V DC, 0,5A, 24W per segnalazione guasto;

- Un'uscita RS485 Modbus o Profibus per collegamento a PLC di campo o di nodo SOS.

Nel prezzo, inoltre, sono compresi e compensati tutti gli oneri per la fornitura e posa in opera di scatole stagne di derivazione, tubazioni in acciaio di diametro adeguato, cavi e accessori per il fissaggio alla volta necessari per la formazione della linea di alimentazione elettrica della centralina a partire dalla dorsale posta in passerella o in tubazione protetta, delle linee di segnale dalla stazione alla periferica in galleria, sono altresì compresi i collegamenti delle linee suddette alle rispettive morsettiere e il fissaggio delle apparecchiatura sul piedritto della galleria e quant'altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

7.9 DISPOSITIVO PER LA MISURA DI OP-CO

Fornitura e posa in opera di strumento puntiforme per la misura del grado di opacità (OP) e della concentrazione del monossido di carbonio (CO). Lo strumento è costituito da un unico dispositivo compatto contenente il gruppo ottico per la misura di OP e una cella elettrochimica per la misura di CO. Esso sarà composto da un contenitore in acciaio inox AISI316Ti verniciato con polvere epossidica ed avrà grado di protezione IP69K. Lo strumento sarà completo di n. 2 pressacavi M20 e sarà alimentato con tensione 18-48 V DC con assorbimento massimo di 20W.

Lo strumento sarà dotato della seguente interfaccia di comunicazione:

- Un segnale 4-20mA per la misura dell'OP;
- Un segnale 4-20mA per la misura del CO;
- Un segnale digitale tensione di commutazione 48 V DC, 0,5A, 24W per segnalazione richiesta manutenzione;
- Un segnale digitale tensione di commutazione 48 V DC, 0,5A, 24W per segnalazione guasto;
- Un'uscita RS485 Modbus o Profibus per collegamento a PLC di campo o di nodo SOS.

Nel prezzo, inoltre, sono compresi e compensati tutti gli oneri per la fornitura e posa in opera di scatole stagne di derivazione, tubazioni in acciaio di diametro adeguato, cavi e accessori per il fissaggio alla volta necessari per la formazione della linea di alimentazione elettrica della centralina a partire dalla dorsale posta in passerella o in tubazione protetta, delle linee di segnale dalla stazione alla periferica in galleria, sono altresì compresi i collegamenti delle linee suddette alle rispettive morsettiere e il fissaggio delle apparecchiature sul piedritto della galleria e quant'altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

7.10 BOX DI ALIMENTAZIONE E INTERFACCIA MODBUS

Fornitura e posa in opera di sistema costituito da box in acciaio inox AISI 304 per alimentazione e interfaccia su modbus TCP/IP per la gestione di un numero massimo di strumenti pari 3, quali:

- Dispositivo laser e cella elettrochimica per la misura del grado di opacità (OP), della concentrazione del monossido di carbonio (CO) e del monossido di azoto (NO) o biossido di azoto (NO2);
- Dispositivo laser per la misura del fumo e della temperatura;
- Anemometro ad ultrasuoni per la misura della velocità e della direzione dell'aria.

Il box di contenimento dovrà avere le seguenti caratteristiche tecniche:

- Dimensioni: 503x200x130mm (L,H,P);
- Alimentazione: 230VAC;
- Assorbimento: max. 100W;
- Peso: 4 Kg;
- Grado di protezione IP65.

Lo strumento sarà dotato della seguente interfaccia di comunicazione:

- Un segnale 4-20mA per la misura dell'OP;
- Un segnale 4-20mA per la misura del CO;
- Un segnale digitale tensione di commutazione 48 V DC, 0,5A, 24W per segnalazione richiesta manutenzione;
- Un segnale digitale tensione di commutazione 48 V DC, 0,5A, 24W per segnalazione guasto;
- Un'uscita RS485 Modbus o Profibus per collegamento a PLC di campo o di nodo SOS.

Nel prezzo, inoltre, sono compresi e compensati tutti gli oneri per la fornitura e posa in opera di scatole stagne di derivazione, tubazioni in acciaio di diametro adeguato, cavi e accessori per il fissaggio alla volta necessari per la formazione della linea di alimentazione elettrica del box a partire dalla dorsale posta in passerella o in tubazione protetta, delle linee di segnale dal box alle periferiche in galleria, sono altresì compresi i collegamenti delle linee suddette alle rispettive morsettiere ed il fissaggio dell'apparato sul piedritto della galleria e quant'altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

8 APPARECCHIATURE E DISTRIBUZIONE ELETTRICA IN CABINA

8.1 STRUTTURA PREFABBRICATA PER LOCALE TECNICO

Costruita ed assemblata con pannelli di calcestruzzo ad alta resistenza, dello spessore mm 80-120 e solaio di copertura min. di mm 160, realizzati con armatura in acciaio B450C e calcestruzzo RbK 400 Kg/cmq. Impermeabilizzazione della copertura con guaina spessore mm 4. Imbiancatura interna con tempera di colore bianco, rivestimento esterno murale plastico colore a scelta della D.L. Costruita in conformità alle leggi vigenti in materia di costruzioni prefabbricate in cemento, completa di cunicoli dell'altezza minima di 0,70 m per il passaggio dei conduttori MT/bt, di platea di fondazione, casseratura, armatura con rete elettrosaldate maglia cm 15x15 Ø 10, copricunicoli in lamiera striata. Sono comprese nella fornitura le porte in resine isolante omologate ENEL, le griglie di areazione in resina isolante omologate ENEL, serrature omologate ENEL, le pareti divisorie tra i vani. Pavimentazione interna alla cabina realizzata in cemento lisciato o con finiture similari. Le aperture di ventilazione saranno poste in maniera tale da ottimizzare il raffreddamento dell'apparecchiatura installata, con possibilità di avere un sistema di ventilazione sopratetto a tutta circonferenza. Le griglie di aerazione saranno con protezione antitopo e antipioggia in ogni locale. L'armatura del calcestruzzo e tutte le parti metalliche dovranno essere collegate tra di loro mediante saldature, con possibilità di collegamento ad un anello di terra esterno. Sigillatura delle fughe verticali di giunzione con mastice acrilico, opportunamente formulato per l'adesione su superfici in calcestruzzo. Sistema di smaltimento acqua piovana. Nel prezzo sono compresi e compensati la fornitura delle pratiche amministrative di concessione edilizia, calcoli di verifica statica, ogni onere ed accessorio necessario per la posa e dove espressamente previsto si dovranno utilizzare porte metalliche.

8.2 SHELTER

Lo shelter è costituito da sistemi pre-assemblati dedicati ad alloggiamento di apparecchiature elettromeccaniche, elettroniche, elettriche. Costituito da pannelli isolanti in struttura sandwich poliuretano/lamiera, aventi la capacità di contenere l'effetto delle escursioni termiche ambientali sulle apparecchiature contenute. La struttura resistente dello Shelter è atta a realizzare una struttura amovibile in grado di sopportare le sollecitazioni indotte dal peso proprio e da quello delle apparecchiature contenute durante le fasi di sollevamento/spostamento per tutta la vita operativa dello Shelter. La struttura metallica degli Shelters dovrà essere realizzata con materiali idonei a resistere alle azioni ossidanti degli agenti atmosferici in ambiente particolarmente aggressivo (ambiente marino, industriale altamente inquinato). Dimensioni interne (mm): lunghezza: 1.200, larghezza: 1.200, altezza: 2.380. Dimensioni esterne (mm) – con ingombro copertura lunghezza: 1.986 (compresa copertura) larghezza: 2.200 (compresa copertura) altezza: 2.665. La struttura isotermica dello shelter dovrà essere realizzata tramite assemblaggio su

struttura portante esterna in acciaio di pannelli isotermici di spessore 60mm. Lo shelter deve comprendere al suo interno:

- N. 2 plafoniere 2X18W a tenuta stagna uno per ambiente interno e uno per ambiente esterno;
- N. 1 Microswitch porta con cavo armato e contatto pulito, da collegare su morsettiera del Quadro Elettrico;
- Elemento ANTIRODITORE per passaggio 18 cavi;
- Rilevatore volumetrico interno a doppia tecnologia portata 12m – sistema anti intrusione;
- Rilevatore volumetrico esterno a doppia tecnologia portata 2m – sistema anti intrusione area esterna (n°4, suddivisi su ciascun perimetro/lato esterno);
- Sistema di collegamento masse metalliche per messa a terra;
- N. 1 presa 2x16 A tipo P30 bipasso + shuko protetta e sezionata in scatola protetta con relativi cavi di cablaggio;
- Interruttore bipolare per accensione plafoniera in scatola protetta.

Gli Shelter dovranno essere dotati di sistema integrato active cooling + free cooling, inclusi nella fornitura. Non saranno ammessi shelter con climatizzatore. Il sistema combinato Active Cooling + Free Cooling permetterà all'unità installata di:

- Ridurre l'impatto ambientale;
- Massimizzare l'efficienza energetica;
- Riduzione del consumo di energia tramite uso FCU durante i periodi di basso carico termico).

Il sistema dovrà essere progettato per garantire un grado di protezione IP55 in condizione di funzionamento, questa caratteristica renderà il sistema adatto all'uso in ambienti estremi dal punto di vista atmosferico, come quello in prossimità delle arterie stradali/autostradali.

8.3 IMPIANTO LUCE, FM E SPECIALI IN CABINA

L'impianto elettrico BT di cabina dovrà comprendere l'impianto di illuminazione generale dimensionato per avere un livello di illuminamento medio non inferiore a 200-250 lux, un impianto di illuminazione di emergenza (con corpi del tipo autoalimentato o alimentati da soccorritore) che garantisca per circa due ore un illuminamento medio pari a circa 10 lux ed un impianto di forza motrice (FM) costituito da quadretti prese CEE interbloccate di servizio. La dota-

zione impiantistica della cabina sarà completata con eventuali impianti speciali (rivelazione incendi, spegnimento, antintrusione, ecc.). Le dimensioni dei cunicoli e/o delle tubazioni annegate nella platea della cabina per il passaggio dei conduttori devono avere dimensioni appropriate. In particolare, si dovranno evitare eccessivi costipamenti dei cavi, raggi di curvatura eccessivamente ridotti e promiscuità tra cavi per MT, cavi per BT e cavi per impianti speciali. La posizione, le dimensioni, gli accessi e lo schema di cabina devono essere concordati con il competente ufficio tecnico dell'ENEL previo l'inizio dell'attività di installazione.

8.4 IMPIANTO DI TERRA

Lungo le pareti, ad una altezza di circa 50 cm, dovrà essere realizzato un collettore di terra costituito da un anello in piatto di rame o di acciaio zincato da 40x5 mm. L'anello dovrà essere collegato alla rete elettrosaldata presente nella platea di fondazione almeno in corrispondenza degli angoli di ciascun locale. Al collettore dovranno essere collegate tutte le parti metalliche e le apparecchiature di cabina. In particolare:

- Porte e finestre metalliche;
- Carpenterie dei quadri elettrici;
- Carcasse dei trasformatori;
- Centri stella del/i trasformatore/i;
- Rotaie dei trasformatori;
- Passerelle e canaline metalliche (se necessario).

I collegamenti a terra di parti mobili dovranno essere realizzati con treccia di rame avente sezione minima pari a 50mmq. Il collettore sarà poi collegato al dispersore esterno mediante almeno due conduttori di terra aventi sezione adeguata. Il dispersore sarà possibilmente costituito da un anello lungo il perimetro della cabina, realizzato in corda di rame nudo da 35mmq (sezione minima) o altro materiale equivalente. Il dispersore sarà integrato con elementi verticali (spandenti) e sarà collegato ai ferri di armatura della fondazione.

8.5 ACCESSORI

Dovranno essere forniti i seguenti accessori (dotazione minima):

- Piantina con evidenziato lo schema elettrico della cabina da posizionare a parete;
- Estintori in numero e tipo indicato negli altri elaborati di progetto del singolo contratto applicativo fissati a parete in posizione opportuna;
- Lampada portatile di emergenza con batterie sempre in carica;

- Contenitore per guanti isolanti;
- Guanti isolanti in lattice in conformità alle norme NFC 18415 e VDE 0680 classe di isolamento 3;
- Tappeto isolante ad alto potere dielettrico antisdrucciolo per tensioni di esercizio 25kV
- Cartelli monitori previsti dal D.lgs. 81/08.

8.6 QUADRI DI BASSA TENSIONE

I quadri di bassa tensione dovranno essere di tipo e di forma indicata nel progetto del singolo contratto applicativo, realizzati affiancando scomparti completamente normalizzati, contenenti le apparecchiature di bassa tensione, pure normalizzate, progettati singolarmente e nel loro insieme per offrire con la massima semplicità costruttiva una molteplicità di impiego per soddisfare le più svariate esigenze dell'impianto.

8.7 CARATTERISTICHE TECNICHE

Caratteristiche ambientali:

temperatura ambiente massima	40°C
temperatura ambiente media (rif. 24 h)	35° C
temperatura ambiente minima	-10° C
umidità relativa massima 25°C	90%
installazione all'interno di un fabbricato in muratura	
altitudine s.l.m.	<1000 m
Caratteristiche elettriche:	
tensione di esercizio	400V
frequenza nominale	50 Hz
sistema elettrico	trifase + neutro

8.8 RISPONDENZA A NORME TECNICHE E LEGGI ANTINFORTUNISTICHE

Per quanto non espressamente precisato nel presente Capitolato, i quadri dovranno essere rispondenti alle specifiche norme vigenti all'atto della fornitura e dovranno soddisfare le seguenti caratteristiche:

- Impiego di materiali isolanti ad alto grado di auto estinguibilità e completa segregazione metallica tra i singoli scomparti, per impedire il diffondersi di incendi
- Messa a terra franca di tutta la struttura del quadro e dei componenti estraibili per tutta la corsa di sezionamento od inserzione
- Protezioni IP20 dopo la traslazione degli interruttori estraibili o sezionabili
- Isolamento in aria di tutte le parti in tensione
- Blocchi meccanici ed elettromeccanici in conformità allo schema di progetto del singolo contratto applicativo
- Accessibilità agli apparecchi ed ai circuiti senza pericolo di contatti con i componenti in tensione
- Accurata scelta dei materiali isolanti impiegati in base a caratteristiche di bassa emissione di fumi

Gli scomparti dovranno essere forniti completamente montati e provati in tutti i loro componenti ed allestimenti definitivi, con prove di officina eseguite in presenza della Direzione Lavori.

8.9 COMPOSIZIONE E SUDDIVISIONE DEL QUADRO

I quadri saranno costituiti da scomparti affiancati e saranno completamente chiusi e bullonati tra loro. La modularità degli scomparti e dei vari componenti dovrà consentire eventuali futuri ampliamenti sui due fianchi. I vari scomparti dovranno essere completamente segregati fra di loro e saranno a loro volta compartimentati in celle elementari metallicamente segregate le une dalle altre come indicato negli elaborati di progetto del singolo contratto applicativo.

8.10 STRUTTURA METALLICA

Ogni scomparto dovrà essere un'unità indipendente, costituita da una struttura autoportante in lamiera di acciaio, spessore 20-30/10 mm, composta da elementi normalizzati, provvisti di forature modulari, messi insieme tra loro mediante punti elettrici e viti speciali che ne assicurano robustezza e continuità elettrica. Su tale struttura, ove previsto progettualmente dai singoli contratti applicativi, dovranno essere applicate le chiusure laterali e posteriori in lamiera, le portelle anteriori, i setti di compartimentazione e segregazione, i supporti metallici per i diversi apparecchi. Lo spessore minimo della lamiera d'acciaio per tali elementi non dovrà essere inferiore a 20/10 di mm, riscontrato prima dei trattamenti protettivi. Gli scomparti dovranno essere suddivisi nelle seguenti zone:

- Zona anteriore riservata alle celle degli apparecchi di potenza, agli strumenti di misura e/o protezioni e ai servizi ausiliari; tale zona è suddivisa da celle individuali, chiuse metallicamente su tutti i lati con dimensioni modulari in funzione delle apparecchiature da alloggiare
- Prima zona posteriore, contenente le sbarre di derivazione e le connessioni in sbarra degli interruttori di grande portata
- Seconda zona posteriore, riservata alle connessioni di potenza degli interruttori che sono normalmente realizzate in cavo

La zona anteriore che ospita la sezione delle apparecchiature a conformazione modulare dovrà essere dotata di doppio frontale con pannellatura in vetro trasparente stratificato.

8.11 INTERRUTTORI

Gli interruttori generali di macchina dovranno essere di tipo scatolato o di tipo aperto in base alla potenza nominale del trasformatore. Il potere d'interruzione dovrà essere adeguato al valore di potenza massima prevista sulla distribuzione in bassa tensione. Gli interruttori d'utenza dei circuiti esterni potranno essere di tipo scatolato e/o modulari in esecuzione fissa. Gli interruttori che alimentano i circuiti di cabina dovranno essere di tipo modulare in esecuzione fissa. Gli interruttori suddetti dovranno essere opportunamente coordinati tra di loro in modo da garantire la selettività, la protezione dei circuiti e tarati secondo quanto indicato negli schemi di progetto dei singoli contratti applicativi. Il potere di interruzione degli interruttori automatici dovrà essere almeno uguale alla corrente di corto circuito trifase calcolata sulle sbarre del quadro di b.t. Eccezioni: in alcuni casi il potere di interruzione dell'interruttore automatico potrà essere inferiore alla corrente di corto circuito suddetta, se a monte esiste un dispositivo:

- Che abbia un potere di interruzione corrispondente alla corrente di corto circuito sopra determinato (filiazione);
- Che limiti l'energia specifica passante (Ft) a un valore inferiore a quello ammissibile dall'interruttore automatico e dai conduttori protetti.

8.12 SBARRE PRINCIPALI E DERIVAZIONI

Le sbarre principali e le derivazioni dovranno essere in piatto elettrolitico di rame nudo (ETP UN1 5649-71) a spigoli arrotondati, opportunamente dimensionate e ammarate per sopportare le sollecitazioni termiche ed elettrodinamiche conseguenti alle correnti di corto circuito. L'isolamento dovrà essere completamente realizzato in aria; i supporti sbarre dovranno essere realizzati mediante elementi componibili stampati in materiale isolante autoestinguente con elevata resistenza meccanica e caratteristiche anti-traccia. La forma di segregazione dovrà essere

quella prevista dagli elaborati di progetto dei singoli contratti applicativi. Per il raffreddamento della zona sbarre si dovranno prevedere delle feritoie sul pannello frontale in basso e nella parte inferiore del pannello posteriore di chiusura. Per lo sfogo dell'aria calda si dovranno prevedere apposite feritoie sul tetto. L'Appaltatore, prima dell'allestimento in sede d'approvazione materiali da parte della Direzione Lavori, dovrà sottoporre ad approvazione il dimensionamento delle capacità di smaltimento della carpenteria in relazione agli autoconsumi interni delle apparecchiature previste in sede di progetto costruttivo del singolo contratto applicativo.

8.13 CIRCUITI AUSILIARI E CABIAGGI

Le apparecchiature ausiliarie dovranno essere disposte in celle separate metallicamente dalle celle interruttori. Dovrà essere sempre possibile accedere alle apparecchiature ausiliarie con il quadro in tensione. Il cablaggio interno dovrà essere realizzato con cavi di tipo flessibile non propaganti l'incendio (sec. CEI 20-22), di sezione non inferiore a 1,5mmq per i circuiti ausiliari e 2,5mmq per i circuiti di potenza. Tutte le connessioni dovranno essere effettuate mediante capocorda a compressione, e ciascun conduttore dovrà essere numerato con idonei contrassegni. I conduttori dovranno essere alloggiati su apposite canalette di materiale plastico e in appositi vani all'interno degli scomparti. Tutti i conduttori dovranno far capo a morsettiere componibili numerate. Opportune targhette, pantografate, dovranno indicare a fronte quadro, ciascuna apparecchiatura e relativa sequenza di manovra. Tutte le indicazioni di stato e i comandi di ogni apparecchiatura dovranno essere riportati in morsettiera per poter essere utilizzati per il telecomando e il telecontrollo dal Centro Operativo. Una sbarra collettrice in rame, avente una sezione nominale di 200mmq, dovrà percorrere longitudinalmente tutto il quadro; a tale sbarra dovranno essere collegati tutti i componenti principali. Tutti gli elementi di carpenteria dovranno essere francamente collegati fra loro per mezzo di viti speciali atte a garantire un buon contatto elettrico fra le parti. Le porte dovranno essere collegate in modo equipotenziale alla struttura per mezzo di treccia di rame avente sezione di 16 mm2. Il ciclo di verniciatura per i quadri di bassa tensione dovrà essere del tutto simile a quello previsto per i quadri di media tensione. Serie di accessori che dovranno essere forniti:

- Mensola di supporto leve varie e maniglie
- Golfari di sollevamento
- Vernice per ritocchi punti danneggiati
- Schemi e disegni di progetto dei singoli contratti applicativi
- Istruzioni per l'installazione, l'esercizio e la manutenzione del quadro
- Targhe d'identificazione apparecchiature
- Schema unifilare in dotazione alla carpenteria

- Cartellonistica di prevenzione antinfortunistica conforme al DLGS. 81/08 ed al D.L. 626;
- Prove di tipo
- Manuale di manutenzione ordinaria e straordinaria.

8.14 ELENCO DELLE PROVE

L'Appaltatore dovrà produrre copia dei certificati relativi alle prove di tipo realizzate da un laboratorio indipendente attestanti la rispondenza del quadro e delle apparecchiature alle Norme vigenti. In particolare è richiesta dimostrazione delle seguenti prove:

- Prova di tensione a frequenza industriale dei circuiti di potenza;
- Prova di tensione dei circuiti ausiliari;
- Prova di funzionamento meccanico;
- Prova dei dispositivi ausiliari;
- Verifica dei cablaggi;
- Controllo dell'intercambiabilità dei componenti estraibili e degli altri componenti identici fra loro per costruzione e caratteristiche;
- Prova per la verifica dei limiti di sovratemperatura;
- Prova per la verifica delle distanze in aria e superficiali;
- Prova per la verifica della tenuta di corto circuito;
- Prove per la verifica della tenuta al corto circuito del circuito di protezione (CEI 17-13/1);
- Prova per la verifica dei guasti di protezione.

Descrizioni particolari

Gli arrivi dal trasformatore di potenza e/o dal gruppo elettrogeno saranno in cavo unipolare o in blindosbarra. Tensioni ausiliarie, salvo particolare e diversa definizione sugli schemi di progetto dei singoli contratti applicativi:

- 230 V c.a. per comandi e protezioni;
- 230 V c.a. per alimentazioni motori carica molle interruttori;
- 230 V c.a. per resistenze anticondensa;
- 230V c.a. per circuiti di sgancio.

8.15 QUADRI DI DISTRIBUZIONE SECONDARIA

Caratteristiche Elettriche

Norme: CEI 17/13-1, CEI EN 60439-1, DLGS. 81/08

Tensione di isolamento:	1000 V
Tensione nominale d'impiego:	400 V
Corrente nominale sbarre principali:	fino a 1000 A
Corrente di c.to-c.to simmetrica x 1":	15 kA
Tensione di prova a 50 Hz per 1 min.:	2,5 kV
Frequenza:	50 Hz
Tensione aux. comandi segnalazioni:	230 V
Altitudine:	<1000 m s.l.m.
Temperatura ambiente:	35°C
Sistema di neutro:	TN

Sbarre

Sistema:	Trifase + N
Isolamento:	aria
Materiale:	rame

Caratteristiche Meccaniche

Spessore lamiera:	20/10 mm
Verniciatura esterna:	RAL 7030 od altro a scelta della D.L.
Verniciatura interna:	RAL 1019 od altro a scelta della D.L.
Forma di segregazione:	Forma 3
Grado di protezione esterno:	≥IP31(secondo luogo di installazione)
Grado di protezione a porta aperta:	IP20
Quadro con accessibilità:	[x] Fronte [ ] Retro
Linee entranti:	[x] Cavo [ ] Alto [x] Basso
Linee uscenti	[x] Cavo [ ] Alto [x] Basso

8.16 PROTEZIONE GENERALE DI MEDIA TENSIONE

Per garantire i massimi requisiti di sicurezza al personale che si appresta ad eseguire interventi di manutenzione o di altra natura sulle celle MT, si devono prevedere all'interno dei locali che ospitano la parte di media tensione idonei equipaggiamenti di protezione, quali:

- n. 1 contenitore per guanti isolanti, dotato di finestra trasparente costruito in materiale resistente agli urti, fornito con flacone contenente talco;
- n. 1 paio di guanti isolanti, costruiti in lattice naturale di elevata qualità, trattati per ottenere le migliori caratteristiche dielettriche, in conformità alle norme NFC 18415 e VDE 0680, classe di isolamento 3 (tensione di prova 30.000 V), spessore 2,2 mm taglia a scelta della D.L.;
- Tappeto isolante per installazione fissa, realizzato in caucciù ad alto potere dielettrico, antisdrucciolo, elevata tenuta all'invecchiamento, dimensioni 1x5 m (Larg x Lung.), spessore 5 mm tensione di esercizio 25kV;
- Cartelli monitori.

La protezione generale di media tensione dovrà soddisfare i seguenti requisiti elettrici:

- Tensione nominale: 24 kV;
- Valore efficace della tensione nominale di tenuta: a f = 50 Hz / 1 min 50 kV;
- Valore di picco della tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico: 1.2/50µs 125 kV;
- Tensione di esercizio: 20 kV;
- Frequenza nominale: 50 Hz;
- Numero di fasi: 3;
- Corrente nominale delle sbarre principali: 630 A;
- Corrente nominale max delle derivazioni: 630 A;
- Corrente nominale ammissibile di breve durata: 16 kA;
- Corrente nominale di picco: 40 kA;
- Potere di interruzione degli interruttori alla tensione nominale: 16 kA;
- Durata nominale del corto circuito: 1 s;
- Protezione Arco Interno IAC A FL 12,5 kA 1 s;
- Tensione nominale degli ausiliari: 230 V;

Dovrà, inoltre, contenere le seguenti apparecchiature:

- Sezionatore tripolare di linea e di messa a terra a monte dell'interruttore in SF6 con manovra manuale predisposta con relativi blocchi a chiave;
- Sezionatore di messa a terra a valle dell'interruttore;
- Sistema trifase di sbarre in rame con risalita di sezione adeguata alla massima corrente di corto-circuito;
- Interruttore tripolare in SF6, 24 kV, 630 A, 16 kA equipaggiato con blocco a chiave in aperto, motore carica-molle, contatto di segnalazione NA dell'interruttore di protezione del motoriduttore, contatto di segnalazione molle di chiusura scariche/cariche, contatti ausiliari dell'interruttore aperto-chiuso, interruttore magnetotermico per la protezione del motore carica-molle, sganciatore di chiusura, sganciatore di minima tensione, sganciatore di apertura, sganciatore supplementare di apertura, leva di comando manovra manuale, interruttori bipolari BT, terna di segnalatori luminosi per la presenza tensione 20kV lato linea.

Il collegamento tra il secondario del toro ed ingresso protezione deve essere realizzato con conduttore avente sezione maggiore o uguale a 2.5 mm2 e lunghezza minore di 10 m. Sistema di protezione secondo "DK 5600" e CEI 0-16. Relè di sovracorrente indiretto a microprocessore con dispositivo di guasto a terra direzionale, indicatori a led programmabili, 8 ingressi binari, 8 uscite binarie, memorizzazione degli eventi senza porta di comunicazione, montaggio a pannello.

Tensione di alimentazione DC 24-250V oppure AC 115/230V, tarature e parametrizzazioni escluse, porta di comunicazione elettrica RS485, acquisizione delle misure (valore medio/min/max), con dispositivo di richiusura automatico, localizzazione del guasto. L'involucro esterno è con grado di protezione IP2XC, messa a terra dell'involucro, dei diaframmi metallici e della struttura con bulloneria collegata a sbarra collettrice di terra. La struttura metallica è trattata con verniciatura alle polveri epossidiche di colore RAL 9002 standard del costruttore. Tutti i moduli sono forniti di oblò, dove occorrono, targa caratteristiche, sbarra collettrice di terra, eventuale circuiti ausiliari, maniglia di accesso e leva di manovra. Compreso il trasporto ed il montaggio a piano con tutti gli oneri per eseguire il lavoro completo in ogni sua parte, oneri di collaudo e certificazioni previste. Rimangono esclusi gli oneri per basamenti. Il tutto completo di box in lamiera zincata verniciata ed ogni altro onere e magistero per dare l'opera completa ed a perfetta regola d'arte. Compreso nella fornitura è ogni altro materiale e accessorio per dare il quadro finito a regola d'arte e conforme alla normativa vigente.

8.17 SCOMPARTO DI PARTENZA PER ALIMENTAZIONE TRASFORMATORE

Lo scomparto di partenza per l'alimentazione dei trasformatori dovrà soddisfare i seguenti requisiti elettrici:

- Tensione nominale: 24 kV;
- Valore efficace della tensione nominale di tenuta: a f = 50 Hz / 1 min 50kV;
- Valore di picco della tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico: 1.2/50μs 125kV;
- Tensione di esercizio: 20kV;
- Frequenza nominale: 50 Hz;
- Numero di fasi: 3;
- Corrente nominale delle sbarre principali: 630 A;
- Corrente nominale max delle derivazioni: 630 A;
- Corrente nominale ammissibile di breve durata: 16kA;
- Corrente nominale di picco: 40kA;
- Potere di interruzione degli interruttori alla tensione nominale: 16kA;
- Durata nominale del corto circuito: 1 s;
- Protezione Arco Interno IAC A FL 12,5kA 1 s, in opzione protezione IAC A FLR 16kA 1s;
- Tensione nominale degli ausiliari 230 V.

Dovrà, inoltre, contenere almeno le seguenti apparecchiature:

- Sezionatore tripolare di linea e di messa a terra a lato linea monte dell'interruttore in SF6 con manovra manuale predisposta con relativi blocchi a chiave;
- Sezionatore di messa a terra a valle dell'interruttore;
- Sistema trifase di sbarre di sezione adeguata alla massima corrente di corto-circuito;
- Interruttore tripolare in SF6, 24kV, 630 A, 12.5kA equipaggiato con blocco a chiave in aperto, motore carica-molle, contatto di segnalazione NA dell'interruttore di protezione del motoriduttore, contatto di segnalazione molle di chiusura scariche/cariche, contatti ausiliari dell'interruttore aperto-chiuso, interruttore magnetotermico per la protezione del motore carica-molle, sganciatore di chiusura, sganciatore di minima tensione, sganciatore di apertura, sganciatore supplementare di apertura, resistenza anticondensa 50 W 220 V 50Hz regolata da termostato e protetta da interruttore, leva di comando manovra manuale, interruttori bipolari BT, terna di segnalatori luminosi per la presenza tensione 20kV lato linea, terna di TA/5 A, 2,5 VA, 5P30.

L'involucro esterno è con grado di protezione IP2XC, messa a terra dell'involucro, dei diaframmi metallici e della struttura con bulloneria collegata a sbarra collettrice di terra. La struttura metallica è trattata con verniciatura alle polveri epossidiche di colore RAL 9002 standard del costruttore. Tutti i moduli sono forniti di oblò, dove occorrono, targa caratteristiche, targa sequenza manovre, sbarra collettrice di terra, eventuali circuiti ausiliari, maniglia di accesso e leva di manovra. Compreso il trasporto ed il montaggio a piano con tutti gli oneri per eseguire il lavoro completo in ogni sua parte, oneri di collaudo e certificazioni previste. Rimangono esclusi gli oneri per basamenti. Il tutto completo di box in lamiera zincata verniciata ed ogni altro onere e magistero per dare l'opera completa ed a perfetta regola d'arte. Compreso nella fornitura è ogni altro materiale e accessorio per dare il quadro finito a regola d'arte e conforme alla normativa vigente.

8.18 TRASFORMATORE

I trasformatori devono essere installati in locali separati dai locali che ospitano i quadri di potenza. Le strutture in muratura gettate in opera o prefabbricate che costituiscono il locale in cui vengono ubicati i trasformatori, devono avere un grado di resistenza almeno REI 120. L'accesso al locale trasformatori non deve essere diretto, per cui oltre alla presenza della porta in vetroresina è necessario proteggere l'utente installando una griglia metallica zincata interposta tra la porta di accesso al locale ed il trasformatore stesso. In presenza di doppio trasformatore, tale griglia è da prevedersi anche come setto separatore tra i due trasformatori. Per elevare i livelli di sicurezza, è necessario installare sulle porte di accesso al locale trasformatori degli interblocchi di sicurezza costituiti da:

- n. 3 relé a cartellino 24 V c.c. (allarme e pre-allarme);
- n. 3 finecorsa di sicurezza (portella box trasformatore);
- n. 4 relé ausiliari con 2 NA alimentazione 24 V c.c. con zoccolo;
- n. 3 lampade spie di segnalazione;
- n. 1 lampeggiatore con parabola girevole a motore;
- n. 1 sirena per esterno.

Il trasformatore deve avere le seguenti caratteristiche:

- Tensione nominale: 24 KV;
- Rapporto di trasformazione: 20/0,4kV;
- Tensione di cto standard: 6%;
- Gruppo Dyn11.

Deve essere costruito secondo norme CEI 14-8, con nucleo costruito con lamierini magnetici a cristalli orientati, frequenza 50 Hz, avvolgimento primario inglobato in resina epossidica, avvolgimento secondario impregnato, regolazione MT standard ± 2x2,5%, carrello con ruote bidirezionali, termometro a quadrante con contatti, n. 3 termo sonde di controllo della temperatura PT 100 sull'avvolgimento BT, targa dati, classi ambientali E2-C2-F1, centralina elettronica di controllo temperatura con visualizzazione e uscita seriale, morsetto di terra, golfari di sollevamento,

8.19 GRUPPO ELETTROGENO

I gruppi elettrogeni per il servizio di riserva devono essere installati in ambienti costruiti secondo le specifiche disposizioni di prevenzione incendi, con ventilazione naturale diretta verso l'esterno, oppure devono essere installati direttamente all'esterno protetti da apposita cofanatura. Le fonti di alimentazione secondaria come i gruppi elettrogeni, devono assicurare un'autonomia minima a pieno carico di almeno 24 ore. L'installazione di un gruppo elettrogeno è necessaria in presenza di gallerie la cui lunghezza supera i 500 metri. Nel caso di mancanza di fornitura da parte dell'Ente Erogatore, il gruppo elettrogeno dovrà sostenere il 50% dell'illuminazione permanente e tutti i restanti impianti a servizio della galleria. Il gruppo elettrogeno deve essere posato su apposito basamento realizzato in calcestruzzo. Il gruppo elettrogeno dovrà avere le seguenti caratteristiche generali:

- fattore di potenza 0,8;
- frequenza 50Hz;
- tensione 400/231V Trifase;
- regime di rotazione 1.500 giri/min;
- percentuale di carico massimo inseribile ISO 8528-5 60% della potenza nominale.

8.19.1 ACCOPPIAMENTO

Il moto-alternatore è assemblato come una struttura monoblocco per mezzo di adattatori SAE a dischi flessibili. Gli alternatori utilizzati sono costruiti secondo la forma Standard MD35 con rotore mono-supporto direttamente accoppiato al volano motore per mezzo di dischi in acciaio flessibili.

8.19.2 BASAMENTO

Per una elevata resistenza strutturale del gruppo elettrogeno il basamento è costruito con profili di acciaio saldato di spessore appropriato. La struttura del basamento permette la movimentazione con macchine per il sollevamento per mezzo di punti di sollevamento situati su entrambi i lati della base in versione aperta, e altri punti situati sulla struttura della cofanatura in versione insonorizzata. Tutti i basamenti hanno un punto di messa a terra per il collegamento di tutte le parti metalliche del gruppo elettrogeno. Il collegamento dal punto di dispersione a terra deve essere effettuata dall'utilizzatore finale. Il montaggio del moto-alternatore sul basamento viene effettuato con l'interposizione di antivibranti opportunamente dimensionati in modo da assorbire le vibrazioni trasmesse al basamento.

8.19.3 SERBATOIO COMBUSTIBILE

Il serbatoio giornaliero integrato nel basamento prevede:

- bocchettone di riempimento con tappo, completo di sistema per lo sfiato;

- connessioni e tubi per la linea di alimentazione del motore;

- connessioni e tubi per la linea di recupero del carburante dal motore;

- livellostato per la segnalazione del minimo livello carburante: contatto per allarme e arresto;

- elettrovalvola di sicurezza situata sulla linea di alimentazione fra serbatoio giornaliero e motore per l'interruzione del flusso carburante;

- capacità del serbatoio standard 120 lt.

8.19.4 BATTERIE DI AVVIAMENTO

Il gruppo elettrogeno dovrà essere consegnato con una batteria al piombo-acido per servizio pesante con 12VDC/155Ah di potenza fornita per l'avviamento elettrico e circuito 12VDC. La batteria è montata su di una piattaforma metallica posizionata nel profilo interno del basamento. I morsetti della batteria sono collegati al motore per mezzo di cavi flessibili.

8.19.5 SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO

Circuito del liquido refrigerante unico con pompa del refrigerante ad ingranaggi e valvola termostatica, radiatore per il raffreddamento con ventola (trasmissione meccanica) dimensionato per temperature di aspirazione fino a 50°C, termostato liquido refrigerante per allarme e arresto motore, livellostato di minimo livello liquido refrigerante per arresto motore, liquido refrigerante raccomandato: acqua fresca con glicole etilenico (antigelo), miscelato in percentuale appropriata, preriscaldo del sistema di raffreddamento (800W - 220VAC).

8.19.6 SISTEMA DI LUBRIFICAZIONE

Pompa olio ad ingranaggi.

- filtro olio lubrificante con elemento filtrante intercambiabile;

- asta per misura del livello con tappo;

- pressostato di minima pressione olio per allarme e arresto motore;

- pompa manuale per estrazione olio;

- olio lubrificante raccomandato secondo le specifiche API CG4 e ACEA E2-96, olio multigrado 15W/40.

8.19.7 SISTEMA DI ALIMENTAZIONE

Iniezione diretta.

- pompa di iniezione singola;

- filtro carburante con elemento filtrante intercambiabile;

- solenoide per interruzione del flusso carburante;

- composizione del carburante conforme alle norme EN 590, ASTM D 975-00 Grado 1 e 2.

8.19.8 ASPIRAZIONE E SISTEMA DI SCARICO

Filtro aria a secco.

- indicatore di intasamento filtro;

- 1 Turbocompressore con dispositivo di raffreddamento aria di aspirazione (aria-aria);

- collettore di scarico orizzontale;

- silenziatore di scarico ad assorbimento di tipo industriale (materiale in acciaio al carbonio);

- compensatore di scarico flessibile

8.19.9 ALTERNATORE

- fattore di potenza: 0,8;

- velocità: 1.500 r.p.m.;

- frequenza: 50Hz;

- tensione: 400/231V Trifase;

- limite di scostamento della tensione: ISO 8528-5 ±1,5%;

- tipo di collegamento: Stella con neutro;

- soppressione disturbi radio: VDE 0875 Grado G e N;

- grado di protezione: IP IP21;

- numero di morsetti: 12;

- regolatore automatico di tensione

8.19.10 CARATTERISTICHE GENERALI

Dovrà essere trifase, autoregolato, autoeccitato, sincrono, senza spazzole, 4 poli.

Campo di massima tensione fino a 690V.

Le potenze nominali del generatore sono specificate per temperatura ambiente massima di 40°C, 60% di umidità relativa e altitudini minori di 1.000m s.l.m. in accordo con la norma BS5000.

L'aria viene raffreddata per mezzo di una ventola montata sull'albero di acciaio, e protetta da una griglia di protezione. Il bilanciamento dinamico di tutto il rotore viene effettuato durante il processo di assemblaggio per assicurare che le vibrazioni siano contenute entro i limiti stabiliti dalla norma BS4999 parte 142. Tipo di accoppiamento: accoppiamento diretto per mezzo di adattatore SAE (Statore) e dischi flessibili con rotore monosupporto. Dovrà avere carcassa in acciaio e scudi in ghisa.

8.19.11 ISOLAMENTO E IMPREGNAZIONI

Classe di isolamento H. Tutti gli avvolgimenti sono impregnati con resine epossidiche tropicalizzate per mezzo di immersione e gocciolamento, ciò implica materiali e processi studiati appositamente per conferire elevati standard costruttivi richiesti per gli avvolgimenti statorici e elevata resistenza meccanica per i componenti rotanti. Tutti i componenti in alta tensione (come gli statori) vengono trattati sottovuoto.

8.19.12 SISTEMA DI REGOLAZIONE ELETTRONICA

Il regolatore automatico di tensione (AVR) preleva l'energia necessaria per l'eccitazione del campo eccitatore, dallo statore principale. L'AVR controlla il livello di eccitazione fornito al campo eccitatore, e reagisce al segnale sensibile di tensione proveniente dall'avvolgimento

dello statore primario. Controllando la bassa potenza del campo eccitatore, la regolazione della domanda di alta potenza del campo primario avviene attraverso l'uscita raddrizzata dell'indotto eccitatrice.

In questo modo mantiene la tensione di uscita stabile indipendentemente dal carico, dal numero di giri e dal fattore di potenza. L'AVR rileva la tensione media su una fase, assicurando un'accurata regolazione. Inoltre, esso rileva il regime del motore e produce una riduzione di tensione secondo la velocità, al di sotto di un valore prefissato (Hz), impedendo una sovraeccitazione ai bassi regimi di funzionamento e alleviando l'effetto di presa del carico sul motore.

8.19.13 QUADRO DI CONTROLLO MANUALE/AUTOMATICO

Il quadro di controllo elettrico dovrà essere fornito con il gruppo elettrogeno assemblato in una carpenteria in lamiera, fabbricata e trattata con un rivestimento epossidico ad elevata resistenza.

Sia la parte di potenza che quella di controllo sono forniti nella stessa carpenteria, installata sul basamento (versione aperta o cofanata). Il quadro di controllo è allestito con un compatto dispositivo di controllo e comando con microprocessore che permette l'utilizzo sia in configurazione di funzionamento manuale che automatica. È fissata al pannello frontale del quadro. Il controllo e comando permette al gruppo elettrogeno di funzionare automaticamente in emergenza alla rete per mezzo di un quadro separato per la commutazione del carico. Selezionando l'apposito selettore sulla giusta posizione, il gruppo elettrogeno si avvia automaticamente quando la tensione di rete fuoriesce dai limiti preimpostati; la commutazione del carico dal gruppo elettrogeno alla rete ha luogo una volta che la rete rientra dentro i limiti impostati.

8.19.14 CARICA BATTERIE AUTOMATICO

Blocco unico completo di trasformatore e della parte di controllo per la modulazione della carica e la visualizzazione (led) dello stato di carica. È provvisto di due modi di funzionamento: Soft Start (corrente variabile) e caricamento veloce (Corrente costante). La modalità di caricamento veloce viene automaticamente attivata quando la tensione della batteria si abbassa al disotto dei livelli specificati, e automaticamente una volta terminata la fase di carica veloce si riporta nella modalità di carica costante.

Caratteristiche principali:

- tensione di ingresso 230V-400V AC 15% 50Hz-60Hz;

- tensione nominale batteria 12VDC-24VDC;

- tolleranza di regolazione ± 1%;

- corrente in uscita Da 0 fino alla corrente nominale;

- corrente nominale 1,5 A;

- temperatura di funzionamento -10°C / +60°C (con appropriata ventilazione);

- valore di carica in automatico (at 25°C) 2,25V;

- massimo valore di carica (at 25°C) 2,33V;

Sulla parte frontale del carica batterie si trovano i seguenti LED per la segnalazione dei parametri di: batteria insufficiente, carica a fondo, carica automatica, corrente limite, carica batterie in funzione.

8.19.15 DESCRIZIONE DEL SISTEMA DELLA CENTRALINA (CON TUTTE LE OPZIONI)

L'unità di controllo avvia automaticamente il Gruppo Elettrogeno, quando tutte le condizioni sono rispettate, chiude il Gruppo Elettrogeno, e di seguito ferma il motore da segnale esterno oppure dalla pressione del pulsante a fungo. L'unità di controllo fornisce supporto al carburante (gas) del motore senza ventilazione.

8.19.16 COMANDI E CONTROLLI

Il quadro sarà completo di:

1. indicatori luminosi per la segnalazione di minima pressione olio, massima temperatura motore, minimo livello combustibile, sovravelocità sovraccarico del generatore, mancato avviamento, inserzione scaldiglie preriscaldo olio e massima temperatura acqua (per i gruppi con questo fluido di raffreddamento);

2. strumenti indicatori per la misura della corrente erogata, della tensione fase-fase sia lato rete che lato gruppo, della frequenza in uscita dal generatore;

3. un gruppo di misura di energia costituito da contatori muniti di regolare certificato di taratura;

4. contatore di funzionamento del gruppo;

5. un segnalatore acustico;

6. un predispositore per il comando manuale della commutazione rete-gruppo;

7. un pulsante per l'arresto d'emergenza;

8. un pulsante di tacitazione dell'allarme acustico;

9. interruttori automatici magnetotermici per la protezione delle linee, alternatore, carica batterie, scaldiglie ed un interruttore sulla linea entrante per alimentazione ausiliari (scaldiglie, carica batterie, ecc.);

10. fusibili per la protezione dei circuiti ausiliari e di misura voltmetrici;

11. relè ed apparecchi per l'avviamento e l'arresto del gruppo, nonché per il comando della commutazione completamente automatici;

12. morsettiera per l'attestazione delle linee in arrivo e tutti gli accessori necessari per il perfetto funzionamento.

Il quadro elettrico dovrà avere le seguenti funzioni:

- arresto d'emergenza a distanza con interruzione di tutte le alimentazioni, secondo Circolare n. 31 MI.SA. del 31.08.78;

- allarme cumulativo generale da riportare a distanza (contatto pulito);

- segnalazione gruppo in moto o fermo da riportare a distanza (segnali positivi);

- telecommutazione pilota con contatti puliti 10 A riportati in morsettiera per il comando della tele-commutazione di potenza in quanto questa è montata a parte su altri quadri.

8.19.17 QUADRO DI POTENZA CON INTERRUTTORE MAGNETO TERMICO E COMMUTAZIONE RETE-GRUPPO

Dovrà essere installato nella stessa carpenteria del quadro di controllo e montato sul basamento.

Protegge il generatore contro i sovraccarichi (Protezione termica) e cortocircuiti (Protezione magnetica).

8.20 CISTERNA METALLICA PER STOCCAGGIO GASOLIO

Oltre il serbatoio a bordo del gruppo elettrogeno, ove necessario, si deve prevedere un ulteriore cisterna di accumulo carburante prefabbricata interrata secondo le specifiche disposizioni di prevenzione incendi.

Il serbatoio di accumulo interrato a servizio del gruppo elettrogeno interrato può essere di due tipi:

- A doppia parete e con sistema di monitoraggio in continuo;
- A parete singola.

Nel caso di serbatoi a doppia parete, le pareti possono essere:

- Entrambe metalliche, con la parete esterna rivestita di materiale anticorrosione;
- La parete interna metallica e la parete esterna in altro materiale non metallico, purché idoneo a garantire la tenuta dell'intercapedine tra le pareti;
- Entrambe in materiali non metallici, resistenti a sollecitazioni metalliche ed alle corrosioni;
- La parete interna in materiale non metallico ed quella esterna in metallo, rivestita in materiale anticorrosione;

Nel caso di serbatoi a parete singola, la parete deve essere in materiale metallico o in materiale plastico all'interno di una cassa di contenimento in calcestruzzo, rivestita internamente con materiale impermeabile e con monitoraggio in continuo delle perdite. La cassa di contenimento può contenere uno o più serbatoi senza setti di separazione tra gli stessi, compatibilmente con le norme di sicurezza e antincendio dei VVFF. Le tubazioni di connessione possono essere di materiale non metallico.

I requisiti tecnici per la costruzione, la posa in opera e l'esercizio dei serbatoi, sia fuori terra che interrati, devono essere conformi alle leggi, ai regolamenti ed alle disposizioni vigenti in materia. I serbatoi devono presentare idonea protezione contro la corrosione e devono essere muniti di:

- Tubo di carico fissato stabilmente al serbatoio ed avente l'estremità libera, a chiusura ermetica, posta in chiusino interrato o in una nicchia nel muro dell'edificio e comunque ubicato in modo da evitare che il combustibile, in caso di spargimento, invada locali o zone sottostanti;
- Tubo di sfiato dei vapori avente diametro interno pari alla metà del diametro del tubo di carico e comunque non inferiore a 25 mm, sfociante all'esterno delle costruzioni ad un'altezza non inferiore a 2,5 m dal piano praticabile esterno ed a distanza non inferiore a 1,5 m da finestre e porte; l'estremità del tubo deve essere protetta con sistema antifiamma;
- Dispositivo di sovrappieno atto ad interrompere, in fase di carico, il flusso del combustibile quando si raggiunge il 90% della capacità geometrica del serbatoio;
- Idonea messa a terra;
- Targa di identificazione inamovibile e visibile anche a serbatoio interrato indicante: il nome e l'indirizzo del costruttore, l'anno di costruzione, la capacità, il materiale e lo spessore del serbatoio.

Nel caso di utilizzazione di serbatoio di deposito, a quota uguale o inferiore a quella del gruppo e/o unità di cogenerazione, i serbatoi incorporati o di servizio devono essere muniti di una tubazione di scarico del troppo pieno nel serbatoio di deposito. Tale condotta deve essere priva di valvole o di saracinesche di qualsiasi genere e non presentare impedimenti al naturale deflusso verso il serbatoio di deposito. Nel caso di utilizzazione del serbatoio di deposito a quota superiore a quella del gruppo e/o dell'unità di cogenerazione, l'alimentazione può avvenire per gravità, purché la tubazione di adduzione sia intercettata da due dispositivi di sicurezza che intervengono automaticamente quando il livello del combustibile nei suddetti serbatoi supera quello massimo consentito:

a) dispositivo di arresto delle pompe di alimentazione;

b) dispositivo di intercettazione del flusso;

c) dispositivo di allarme ottico e acustico.

Il pozzetto della cisterna deve essere ispezionabile ed il coperchio chiuso a chiave con apposito lucchetto. Nel caso in cui il serbatoio venga installato sul piazzale di cabina, esso non deve essere recintato ma soltanto segnalato con una delimitazione perimetrale di paletti e catene di colore bianco e rosso. Viceversa, se posizionato al di fuori del piazzale di cabina, si dovrà provvedere alla recinzione dell'area con apposita rete metallica.

8.21 GRUPPO STATICO DI CONTINUITÀ PER IMPIANTI DI GALLERIA

E' prevista l'installazione di gruppi di continuità in grado di garantire un'alimentazione di riserva che sopperisca alla mancanza dell'alimentazione normale senza alcuna interruzione (no break) per un tempo minimo di almeno 30 minuti. E' necessario prevedere un gruppo statico di continuità per gallerie di qualsiasi lunghezza. In particolar modo, per gallerie di lunghezza inferiore ai 500 metri si provvederà all'installazione del solo UPS, per gallerie la cui lunghezza supera i 500 metri il gruppo di alimentazione secondaria sarà costituito dall'accoppiamento UPS-gruppo elettrogeno. Fanno parte dei circuiti di sicurezza quelli destinati a garantire la continuità dell'alimentazione dei seguenti impianti, ove previsti:

- Illuminazione di emergenza;
- Sistemi di videosorveglianza;
- Sistemi di rivelazione incendio;
- Sistemi antincendio;
- Sistemi di supervisione e controllo;
- Sistemi di comunicazione;
- Stazioni di emergenza;

- Sistemi di alimentazione by-pass;
- Sistemi semaforici e pannelli a messaggio variabile;
- Sistemi e dotazioni impiantistiche asservite all'impianto di raccolta dei liquidi infiammabili ed inquinanti.

Il gruppo UPS deve essere del tipo statico on-line (carico alimentato dall'inverter sia in condizioni ordinarie che all'insorgere di interruzioni di alimentazione da rete o "buchi di tensione") completo di convertitore AC/DC (raddrizzatore), accumulatori, convertitore DC/AC (inverter) e commutatore statico. La potenza dell'UPS deve essere pari alla massima potenza che il carico alimentato può richiedere in regime permanente maggiorata del 10-15% per futuri ampliamenti ed approssimata per eccesso alla più prossima potenza commerciale. Per l'UPS (monofase-monofase) la linea di alimentazione deve essere dimensionata per 1,5 In (In = corrente nominale in uscita all'UPS). Per l'UPS (trifase-trifase, trifase-monofase) la linea di alimentazione deve essere dimensionata per 1,1 In (In = corrente nominale in uscita all'UPS). L'energia erogata dall'UPS deve essere fornita da una batteria di accumulatori mantenuta in continua carica dalla rete. Gli accumulatori devono essere del tipo a ricombinazione di gas (accumulatori ermetici) e pertanto completamente chiusi salvo la valvola di sfogo. La capacità degli accumulatori deve garantire un'autonomia dell'alimentazione alla potenza nominale dell'UPS per un tempo adeguato e nel caso specifico per almeno 1 ora. Deve essere predisposto (se non incorporato nell'UPS) un circuito di by-pass ad azionamento manuale per permettere in caso di avaria o di interventi di manutenzione, di alimentare il carico in modo indipendente dall'UPS. Il commutatore statico e la serie raddrizzatore/carica batteria/Inverter saranno alimentati da un unico arrivo da rete. La protezione contro i contatti indiretti dei circuiti a valle dell'UPS deve essere garantita da opportuno interruttore differenziale installato immediatamente a monte dello stesso. Tale interruttore differenziale deve essere di tipo B (sensibile anche a correnti di guasto unidirezionali) e deve avere corrente differenziale di intervento compatibile con la corrente di dispersione dei filtri in ingresso all'UPS.

Il gruppo statico dovrà consentire l'alimentazione per tutti quei "carichi critici" che necessitano un'autonomia della rete in caso di interruzione della stessa. Dovrà inoltre garantire:

- Isolamento galvanico tra utenze e rete;
- Continuità assoluta di alimentazione, anche in mancanza di fornitura da parte dell'Ente Erogatore;
- Completa eliminazione delle perturbazioni di rete quali micro-interruzioni e fluttuazioni di tensione e frequenza;
- Elevata qualità della forma d'onda della corrente erogata.

Sarà costituito dalle seguenti sezioni:

- La sezione raddrizzatore dovrà provvedere alla trasformazione della tensione di rete in tensione continua stabilizzata necessaria all'alimentazione dell'inverter stesso, nonché alla carica e al mantenimento in carica della batteria collegata in tampone. La sezione inverter trasformerà la tensione continua fornita dalla "sezione raddrizzatore" (o dalla batteria) in una tensione alternata sinusoidale stabilizzata in ampiezza e frequenza. La sezione commutazione automatica avrà il compito di commutare istantaneamente e senza interruzione l'alimentazione del carico dell'inverter nel caso di avaria che precluda la continuità di servizio o in caso di sovraccarichi, per cause esterne, oltre i limiti cui l'apparecchiatura è in grado di sopportare. La sezione batterie di accumulatori soddisferà alle prescrizioni esposte in altro capitolo.

Il gruppo di continuità statico dovrà essere del tipo a diodi controllati. Il raddrizzatore carica batteria dovrà essere costituito principalmente da un circuito di potenza e da un circuito elettronico di comando e controllo. Per il circuito di potenza in particolare sarà previsto un interruttore automatico di protezione in ingresso, un ponte raddrizzatore interamente controllato a tiristori, un filtro induttanza-capacità dimensionato in modo tale da garantire alla batteria una corrente armonica trascurabile rispetto alla corrente di mantenimento. In particolare quando la rete rientra nei limiti il raddrizzatore carica batteria fornirà di nuovo l'energia necessaria all'utilizzazione e contemporaneamente alla ricarica della batteria. Il passaggio batteria-raddrizzatore carica-batteria dovrà avvenire senza perturbazioni sull'utilizzazione. La durata del ciclo di carica, che inizierà automaticamente nel caso di una mancanza di rete, potrà essere regolata da un dispositivo a tempo. Il ciclo di carica della batteria comprenderà due momenti:

- Durante il primo, la carica della batteria di accumulatori sarà effettuata a corrente costante limitata. La tensione continua, aumenterà man mano che aumenterà la carica della batteria per raggiungere alla fine di questo periodo 2,25V (tensione di carica);
- Durante il secondo, la carica della batteria di accumulatori avverrà a tensione costante 2,25 V. La corrente di carica diminuirà continuamente per raggiungere alla fine del periodo il valore della corrente di conservazione. Il ciclo continuerà per il periodo di funzionamento normale, al termine del quale la tensione viene portata a 2,2 V.

Un circuito elettronico di comando e controllo provvederà alle funzioni per la "regolazione di tensione", la "limitazione di corrente", la "sorveglianza di tensione alta" ed la "rampa di accensione". La "regolazione di tensione" invierà i segnali di accensione dei tiristori, tenendo permanentemente costante la tensione ai capi della batteria in modo che in regime normale, funzioni l'alimentazione statica mentre in regime di messa in servizio o di manutenzione funzioni la tensione di equalizzazione (l'invertitore dovrà essere spento). Per la "limitazione di corrente" si dovrà agire quando la corrente di carica tende ad oltrepassare il valore "corrente di carica massima". Per la "sorveglianza di tensione alta" si dovrà provocare l'arresto del raddrizzatore carica

batteria nel caso in cui la tensione erogata raggiunga la soglia di "tensione massima". Tale funzione proteggerà la batteria evitando l'ebollizione dell'elettrolito. Per la "rampa di accensione" questa limiterà la corrente di spunto all'accensione del raddrizzatore carica batteria, imponendo un aumento graduale della tensione continua. La batteria sarà di un tipo stazionario al piombo e sarà montata su una pedana isolante, per rendere la sua installazione conforme alle norme CEI, e dovrà garantire l'erogazione per almeno 30 minuti alla massima potenza.

L'invertitore sarà costituito essenzialmente dai seguenti circuiti principali:

- Circuito di potenza;
- Circuito elettronico di comando e controllo;
- Circuito di misura e di segnalazione.

Il primo dovrà essere composto principalmente da un filtro d'ingresso (condensatori), da ponti mutatori a sfasamento regolabile, da trasformatore di accoppiamento delle tensioni erogate dai ponti mutatori, da un filtro di uscita e da un interruttore di uscita ultrarapido. Il secondo avrà una funzione "regolazione di fase" che ha lo scopo di mantenere la tensione dell'invertitore in fase con la tensione della rete quando questa è nei limiti delle tolleranze ammesse. Una funzione "regolazione dell'ampiezza della tensione" manterrà il valore efficace fondamentale della tensione dell'invertitore uguale alla tensione nominale. Una funzione "distribuzione" che permetterà l'accensione ciclica dei tiristori. Una funzione "tensione di batteria bassa" che dovrà provocare l'arresto dell'invertitore qualora il valore minimo della tensione continua in ingresso raggiunga la soglia della "tensione minima" (1,65V per batteria al piombo), al fine di proteggere la batteria evitando ogni scarica prolungata anormale. Una funzione "logica di comando" che invierà i segnali di comando ai componenti dei by-pass statici (contattore elettromeccanico - diodi controllati) al fine di permettere il passaggio dell'alimentazione da invertitore a rete e viceversa ove necessario (avaria invertitore, sovraccarico, ecc.). Il terzo sarà realizzato essenzialmente da un sistema visivo ottico-luminoso situato sulla parete frontale dell'armadio e da un sistema di comando interno dell'apparecchiatura e comunque dotato di tutte quelle apparecchiature necessarie che permetteranno in ogni istante di avere una chiara e precisa visualizzazione dello stato di funzionamento di tutto il complesso di dispositivi.

Dovrà essere il complesso di dispositivi che permetteranno di utilizzare direttamente la rete di alimentazione finché le caratteristiche di tensione e frequenza di questa siano compatibili con l'utilizzatore, ma anche di disinserire l'inverter, nel caso di avaria causa forti correnti di spunto o per manutenzione. Sarà composto da una parte automatica e da una manuale. Quella automatica costituita da un circuito elettronico di comando e controllo assolverà le funzioni di invio segnali di riferimento, del controllo della tensione di rete onde evitare la commutazione se non sono verificate le condizioni d'intensità di fase e tensione nei limiti, comando dei tiristori e relativa chiusura del contattore elettromeccanico ove ricorrono le condizioni dei by-pass. Quella

manuale si compone di un complesso di sezionatori, interruttori, ecc., che nel caso di manutenzione generale, consentirà l'alimentazione dell'utilizzatore senza perturbazioni. Gli organi di comando dovranno essere identificati chiaramente e accessibili con la massima sicurezza nonché permettere la prova del gruppo dopo una eventuale messa a punto. L'apparecchiatura dovrà comunque avere componenti conformi alle norme di costruzione e alle raccomandazioni CEI in vigore. Gli stessi saranno abbondantemente sovradimensionati per ottenere una grande affidabilità. Gli armadi saranno in lamiera di acciaio pressopiegata, saldata e verniciata a fuoco previo trattamento antiruggine. I sotto sistemi funzionali saranno realizzati a blocchi modulari al fine di permettere la massima accessibilità nel caso di guasti o durante le operazione di manutenzione. Le logiche di comando saranno a tecnologia avanzata realizzate su schede modulari estraibili; i sistemi di comando e controllo saranno dotati di autodiagnosi al fine di individuare, per ogni singola apparecchiatura o unità modulare, gli eventuali guasti e la relativa topografia, intervenendo automaticamente per disinserire l'apparecchiatura in avaria senza pregiudicare il regolare funzionamento del sistema di alimentazione. Le principali segnalazioni saranno doppiate con contatti liberi e disponibili su una morsettiera per un eventuale riporto a distanza. I trasformatori di potenza e le induttanze di uscita dovranno essere posti su supporti antivibranti in modo da limitare le vibrazioni e quindi il rumore prodotto dal gruppo stesso. Per quanto riguarda la compensazione dovuta alla caduta di tensione introdotta dai cavi di collegamento, l'inverter dovrà essere equipaggiato da un regolatore di tensione che consenta di operare sull'invertitore per compensare tale caduta, innalzando la propria tensione di uscita in funzione della corrente erogata. L'inverter dovrà essere dimensionato infine in modo da poter essere sovraccaricato, quando le necessità lo richiedano. Ovviamente le situazioni in cui l'inverter sarà sovraccaricato sono da considerarsi anomale e pertanto dovranno essere limitate nel tempo. Le condizioni anomale che invece fossero continue potrebbero portare l'inverter a lavorare fuori dei suoi limiti, esponendolo a possibili danneggiamenti pertanto sarà provvisto di un dispositivo che, nel caso si ecceda nelle condizioni di sovraccarico, provveda a disconnetterlo automaticamente. Infine l'inverter dovrà essere progettato e dimensionato per sopportare senza danno anche un cortocircuito permanente.

Caratteristiche principali:

- Cosϕ: 0,8;
- Tensione di ingresso 380 Vac +/-15%;
- Tensione di uscita: 380 Vac + /- 1,5%;
- V in regime statico e dinamico: ±3.5%;
- Frequenza di ingresso: 50Hz ± 5%;
- Frequenza di uscita: 50Hz ± 0.5%;
- Distorsione max armonica: < 3%;

- Autonomia in caso mancanza rete almeno 30 minuti.

Gli elementi costituenti la batteria saranno di tipo ermetico in vaso chiuso conforme alle Norme CEI 21-6/74 fasc. 361 e provvisti di contrassegno relativo.

Dovranno essere classificati come Accumulatori senza manutenzione, essere a bassissima autoscarica, ed essere esenti da presenza di antimonio. Tale sostanza presente in concentrazione minima, grazie alla caratteristica costruttiva degli elementi, consentirà una riduzione della corrente assorbita in carica e quella che provoca l'elettrolisi dell'acqua. I contenitori saranno sempre in materiale plastico acrilanitrilico trasparente traslucido chiusi in modo ermetico da un coperchio dello stesso materiale. Ciascun elemento dovrà essere numerato in modo progressivo.

Le piastre che compongono l'elemento saranno così composte:

- Quelle positive avranno una struttura tubolare conduttrice, ottenuta per pressofusione in lega leggera e priva di antimonio;
- Quelle negative saranno di materiale attivo riportato su griglia. Anche per queste varrà il criterio costruttivo di bassa percentuale di antimonio.

L'isolamento interno dovrà essere assicurato da un reticolo di tubetti contenenti la materia attiva positiva, con frapposto un separatore microscopico.

I cavi per il collegamento con gli utilizzatori o con il carica batterie dei poli positivo/negativo della batteria saranno in corda di rame stagnato rigido o flessibile munito alle estremità di capicorda in rame o ottone stagnato di tipo ad occhiello fissato per compressione.

I capicorda saranno rivestiti da una guaina termo-restringente fino a ricoprire anche parte dell'isolante del cavo. La connessione al polo sarà protetta con una calotta isolante o con altro sistema equivalente atto ad impedire la possibilità di toccare contemporaneamente le due polarità.

I conduttori saranno posti entro tubazioni in PVC rigido di tipo filettabile ancorate alle pareti o ad altre strutture fisse del locale.

I tratti terminali delle tubazioni saranno di tipo flessibile collegate a quelle rigide mediante adatto raccordo. Il collegamento fra i poli dei vari elementi sarà ottenuto con tratti di sbarra in rame protetta con piombatura e rivestita da una guaina isolante in materiale autoestinguente. La connessione a ciascun polo sarà effettuata mediante bulloni in acciaio inossidabile. I poli, le parti terminali delle sbarre di collegamento ed i bulloni di fissaggio, saranno protetti, se previsto dalle prescrizioni di manutenzione, con un velo di vaselina. Su ciascun polo sarà posta una calotta in materiale isolante di forma e dimensioni tali da racchiudere, oltre al polo ed al bullone anche parte della guaina isolante che riveste la sbarra di collegamento; ciò affinché non sia

possibile il contatto accidentale con parti conduttrici sia sui collegamenti intermedi che su quelli terminali della batteria. Connessioni fra gli elementi delle batterie con tratti di sbarra in acciaio inossidabile o nichelato. La protezione contro i contatti accidentali con i poli o con le connessioni sarà attenuata mediante calotte di copertura in materiale isolante fissate a scatto su più poli.

8.22 GRUPPO STATICO DI CONTINUITÀ PER LOCALE TECNICO DI CABINA

Si deve prevedere un UPS dedicato alla continuità delle apparecchiature sensibili ubicate nel locale tecnico della cabina principale quali:

- PC SCADA per supervisione e controllo;
- Server impianto di videosorveglianza;
- Armadio apparati nodo di rete.

Il Gruppo Statico di Continuità deve essere del tipo monofase a doppia conversione con tecnologia a microprocessore, della potenza di 1000VA/900W con commutazione PWM - sinusoidale, atto ad alimentare utenze privilegiate, sia in presenza che in assenza della rete di alimentazione, alla tensione di 230 V - 50 Hz. Autonomia 45 minuti con aggiunta di box batterie. L'UPS deve essere completo di batteria di accumulatori al piombo ermetico, esente da esalazioni e manutenzione, atta a conferire un'autonomia di 45 minuti primi alla metà del carico. L'UPS deve avere le seguenti caratteristiche:

- Tecnologia ON-LINE doppia conversione (VFI secondo normativa EN62040-3);
- Forma d'onda di uscita sinusoidale a bassa distorsione;
- Controllo a microprocessore;
- Batterie entro contenute;
- Predisposizione per possibilità di aggiunta di box di espansione batterie;
- Elevata silenziosità grazie alla frequenza di commutazione al di fuori del campo dell'udibile;
- Conservazione dello stato del neutro tra ingresso ed uscita (questo requisito è necessario per permettere il corretto intervento degli interruttori differenziali posti a valle del gruppo di continuità);
- Sistema di supervisione per monitoraggio locale con display alfanumerico a cristalli liquidi indicanti le principali grandezze elettriche (tensioni, correnti, potenze ingresso/uscita, segnalazioni e allarmi);
- Indicatore % di carica della batteria e tempo autonomia residua in minuti;
- Test di funzionalità della batteria;

- Modalità di funzionamento come convertitore di frequenza 50/60hz;
- Emergency Power Off standard.

9 SISTEMI ANTIFURTO

9.1 PREMESSA

Per gli impianti di galleria possono essere individuate due aree di intervento:

- *Area esterna alla galleria* (cabina elettrica, tratto cabina-imbocco galleria, serbatoio gasolio, riserva idrica antincendio);
- *Area interna alla galleria* (passerelle metalliche e cavidotti sotto marciapiede o profilo redirettivo).

Per quanto concerne l'area *esterna* alla galleria si metteranno in opera interventi dissuasivi e di protezione quali:

- Impianto di videosorveglianza (per monitoraggio piazzale, serbatoio gasolio e riserva idrica antincendio);
- Sistema antieffrazione dei pozzetti mediante il riempimento degli stessi con strato di sabbia e calcestruzzo, previa iniezione di malte cementizie entro i cavidotti;
- Impianto antintrusione per controllo accessi di cabina e locali tecnologici;
- Sistema di antifurto elettronico dei cavi mediante una centralina da installare in ogni singolo quadro elettrico.

Per quanto concerne, invece, l'area *interna* alla galleria, si metteranno in opera i seguenti sistemi:

- Antieffrazione dei pozzetti mediante il riempimento degli stessi con strato di sabbia e calcestruzzo;
- Ancoraggio dei cavi alla passerella metallica mediante l'utilizzo di fascette stringi cavo e/o colate di resine epossidiche.

Gli impianti su *rete stradale*, invece, possono essere suddivisi per come segue:

- Impianti di illuminazione in itinere ed illuminazione svincoli;
- Apparati su rete stradale (PMV e telecamere).

In particolar modo, per gli impianti di illuminazione in itinere ed illuminazione svincoli, è possibile attuare le seguenti soluzioni:

- Protezione delle morsettiere all'interno delle cassette da palo mediante l'utilizzo di bulloni di tipo antifurto;
- Sistema antieffrazione dei pozzetti mediante il riempimento degli stessi con uno strato di sabbia e calcestruzzo, previa iniezione di malte cementizie entro i cavidotti;
- Posa in opera di apparati di videosorveglianza;
- L'ancoraggio a passerella metallica dei cavi passanti sui viadotti attraverso l'utilizzo di fascette stringi cavo, resine epossidiche e ancoraggio coperchi a passerella metallica con viti auto perforanti.

9.2 IMPIANTO DI MONITORAGGIO DELLE AREE ESTERNE

Per la sorveglianza delle aree esterne come piazzali di cabina, serbatoi di stoccaggio gasolio, riserve idriche antincendio e svincoli), si deve prevedere l'installazione di un impianto di videosorveglianza costituito da:

- telecamera HD, 720p60, Day/Night, sensore CMOS 1/3"" progressive scan risoluzione 1,4 Mpx, gamma dinamica 84 dB, supporto ottiche manual iris, DC-iris e SR-iris, automatic back focus motorizzato, sensibilità minima garantita 0,017/0,0057 Lux (F1.2 - 30 IRE), quad-streaming, compressione H264 MP (Main Profile), iDNR, Intelligent Video Anlysis (IVA), supporto criptatura SSL 128 bit, ROI, ONVIF conformant, supporto DynDNS, FTP su allarme e Drop Box, ingresso e uscita allarme, ingresso ed uscita audio per allarme audio, slot per registrazione su memory card SDHC/SDXC o su NAS iSCSI/VRM, porta ethernet RJ45, uscita analogica in simultanea a segnale IP. Alimentazione 12 VDC o 24 VAC o PoE. Completa di obiettivo 1/2,5"" Varifocal 1.8-3mm SR-Iris, CS-mount. 5MP, IR corrected, custodia in alluminio grigio ad apertura laterale con viti antimanomissione, vetrino ad alta risoluzione termostatato, binario interno rimovibile in grado di alloggiare una telecamera fino a 91 x 81 x 262 mm, custodia termostatata con range di temperatura fino a -40°C/+50°C, grado di protezione IP66, passaggio cavi attraverso raccordi posteriori o passante da staffa (opzionale), alimentazione 230 VAC 0,21 A con convertitore AC/DC per telecamere IP;
- CABINET (per applicazioni da esterno) o armadio RACK per alloggiamento apparati di alimentazione e trasmissione flussi video (media converter, alimentatori, switch);
- Cavi di collegamento al punto di consegna più vicino da parte del Gestore Telefonico;
- Pali di tipo conico diritto h=5500mm, d=115mm, sp=3mm;
- Staffe di aggancio.

9.3 SISTEMA ANTIEFFRAZIONE POZZETTI

Tale sistema prevede l'eliminazione dei chiusini ed il riempimento dei pozzetti per come di seguito specificato:

- Primo strato di sabbia a contatto con i cavi di spessore non inferiore a 30cm;
- Secondo strato di cls classe di resistenza C20/25 (N/mmq) di spessore non inferiore a 25 cm;

Nastro segnalatore interposto tra il primo ed il secondo strato.

9.4 SISTEMA ANTINTRUSIONE DI CABINA

Per proteggere i locali della cabina elettrica e dei gruppi di pompaggio, si prevede l'installazione di un sistema di antintrusione e controllo degli accessi che deve essere in grado di segnalare l'intrusione di personale non autorizzato all'interno dei locali tecnologici. Tale sistema deve essere composto almeno dalle seguenti apparecchiature e materiali:

- Sensori a doppia tecnologia per il rilevamento di tentativi di intrusione;
- Centrale completa di alimentatore per il controllo di tutti i componenti;
- Organi di comando per l'inserimento ed il disinserimento dell'impianto tramite tastiera;
- Segnalatori con capacità di emissione di segnali di allarme acustici e/o in grado di effettuare chiamate di emergenza verso la Sala Operativa Compartimentale;
- Predisposizione per trasmissione della chiamata tramite GSM;
- Cavi e canalizzazioni per i collegamenti fra le varie apparecchiature.

In corrispondenza di tutti gli accessi ai locali di cabina e sala pompe, verranno installati contatti magnetici in alluminio ad alta tolleranza; in corrispondenza dei piazzali e all'interno dei locali tecnologici verranno installati rilevatori volumetrici con due canali MV e due canali PIR quadrupla tecnologia antitrusione mod. WATCH OUT fino a 15 metri. L'impianto sarà dotato di una centrale antintrusione ad 8 ingressi espandibile a 40 ingressi con combinatore telefonico integrato e predisposto per funzionamento GSM. La centrale antintrusione, ubicata in cabina, sarà equipaggiata con un'interfaccia telefonica GSM/GPRS per l'invio e la ricezione di chiamate su rete GSM attraverso un combinatore telefonico esistente, completo di prolunga da ml. 5,00 di cavo per antenna GSM. La centrale, altresì, sarà equipaggiata con batteria da 12 Volt 7,5Ah a tampone. All'esterno dei locali ed eventualmente all'interno, verrà installata a parete una sirena 110db 12V per impianti antintrusione. Tutti i collegamenti tra gli apparati che costituiscono l'impianto antintrusione verranno realizzati utilizzando cavi allarmati schermati di tipo 2x0,50 + 4x0,22. Tale sistema verrà integrato con l'installazione nei locali di cabina di porte metalliche a

due ante (cm 120 x 215) con serratura HB. Gli allarmi generati dall'impianto antintrusione di cabina dovranno essere riportati alla Sala Operativa Compartimentale.

9.5 SISTEMA ANTIFURTO E MONITORAGGIO CAVI

Il sistema deve essere provvisto di impianti elettrici situati sia in cabine attrezzate che in luoghi aperti, necessari per garantire l'illuminazione, il ricambio d'aria, i servizi ausiliari e i sistemi di sicurezza. Le utenze asservite dalle cabine di alimentazione vengono collegate con cavi in rame e/o alluminio; questi devono essere collocati per quanto possibile in sede protetta e/o in canalizzazioni in acciaio inox. Pur osservando le prescrizioni di posa e i passaggi cavi previsti, bisogna porre una particolare attenzione alla verifica dei cavi stessi, intesa come "presenza del cavo" e "degrado del cavo". Questi due fattori sono importanti e fondamentali per poter garantire la sicurezza delle strade autostradali, in quanto è necessario sapere preventivamente se i sistemi di illuminazione e i servizi di emergenza sono disponibili. Per tale motivo dovrà essere previsto e montato per ogni utenza "sensibile" un sistema che garantisca costantemente il monitoraggio del collegamento tra le cabine, i Q.E. e gli apparati illuminanti. Le finalità sono quelle di monitorare i sistemi e comunicare eventuali anomalie degli impianti, nei seguenti modi: Presenza del cavo: viene verificato costantemente lo stato del cavo e quindi la sua presenza in impianto, sia durante il normale funzionamento e sia durante l'inattività dell'utenza (prevista per al massimo 1 (una) ora. Questi controlli sono dei provvedimenti doverosi in considerazione dei sempre più frequenti furti rame sugli impianti. Il dispositivo dovrà essere in grado di verificare in tempo reale un eventuale furto del cavo per un pronto intervento. Per dare una migliore indicazione alla sala controllo e alle forze dell'ordine, il sistema dovrà garantire di poter identificare nel raggio massimo di 250 metri il punto di taglio del cavo stesso, riportando i dati al centro di controllo. Degrado del cavo: il sistema dovrà essere predisposto per poter verificare lo stato di servizio dei cavi sia corretto ed efficiente in modo da garantire la sicurezza del servizio. Un degrado delle caratteristiche di isolamento o una problematica sul cavo, può determinare disservizi anche gravi nel sistema di distribuzione dell'energia. Il dispositivo dovrà essere in grado di determinare i valori di degrado del cavo e, attraverso un opportuno algoritmo, pianificare un intervento preventivo per la riparazione e/o sostituzione di un cavo danneggiato. Il funzionamento del sistema dovrà permettere anche una manutenzione preventiva degli impianti, che in termini di tempo e di oneri risulti molto più vantaggiosa. Gli obiettivi del sistema evoluto, compreso la parte opzionale, dovranno essere i seguenti:

- Verificare che i cavi posati in impianto siano presenti e non siano stati rubati da malintenzionati;
- Eseguire periodicamente, in modalità automatica, la misura della resistenza di isolamento dei cavi rispetto a terra; questa funzione permette di ottenere una fotografia dello stato dei cavi, consentendo l'intervento in anticipo rispetto ad un ipotetico degrado che creerebbe dei fuori servizio o dei malfunzionamenti dell'impianto;

- Misurare i parametri elettrici delle utenze, al fine di poter tracciare una mappa dei consumi pianificare azioni adeguate e/o funzionalità adeguate per il miglioramento dell'efficienza energetica;
- L'invio di allarmi secondo una configurazione programmabile mediante SMS al personale addetto alla sicurezza o di manutenzione, e via E-MAIL al personale addetto al monitoraggio e gestione e segnalazione POP-UP alla SOC compartimentale su sistema RMT.

Generare allarmi tecnici:

- Mancanza di alimentazione del quadro;
- Salto dell'interruttore magnetotermico;
- Salto dell'interruttore differenziale generale;
- Salto degli interruttori differenziali di ogni fase;
- Da remoto riarmo di elementi e accensione/spegnimento luci.

Il sistema di controllo cavi dovrà essere compatibile non solo per le nuove installazioni, ma anche per l'utilizzo in impianti esistenti. Tale apparecchiatura dovrà interfacciarsi con il sistema aziendale RMT. Il dispositivo dovrà essere realizzato in contenitore isolante con grado di protezione IP 54, adatto al montaggio all'interno dei quadri elettrici. Dovrà essere previsto anche un display funzionale per il rilevamento di tutti i parametri elettrici e una serie di led necessari alla verifica dello stato della comunicazione in RS485 verso il PLC locale e lo stato dei relè interni.

Scheda tecnica prodotto

Tipo prodotto	SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO DEI CAVI ELETTRICI
Materiale	Dispositivo elettronico in contenitore isolante
Grado di protezione	IP 54
Resistenza agli urti	Secondo Norma
Corrente Nominale	1A
Tensione Nominale	230-415-690 Vca
N° poli	2/6
Protezione	Interna (tramite fusibili)
Conformità Normative	CE

9.6 ANCORAGGIO DEI CAVI

Per i cavi posati su passerelle e canali sia in galleria che sui viadotti, si prevede l'utilizzo di un sistema di ancoraggio dei cavi attraverso l'utilizzo di fascette di cablaggio resistenti alle alte temperature con classe di autoestinguenza UL 94 VO in etilene tetrafluoro etilene, temperatura di servizio -40°C/+150°C, posate ad una distanza non inferiore ad 1m tale da fissare tutti i cavi presenti sui canali

9.7 PROTEZIONE COPERCHI DA PALO

Per proteggere i cavi all'interno delle apposite morsettiere, si deve prevedere un sistema di antieffrazione della cassetta da palo attraverso l'utilizzo di bulloni con dado antifurto in acciaio inox M8x50 in sostituzione di quelli esistenti.

9.8 RESINE EPOSSIDICHE

Ove si ritenesse necessario, l'ancoraggio dei cavi alle passerelle verrà eseguito anche mediante l'utilizzo di resine epossidiche. Si dovrà tener presente l'influenza della temperatura e dello stato fisico del prodotto perché ciascuna resina epossidica ha una temperatura minima di utilizzazione, indicata dalle case produttrici, che in genere si aggira intorno ai 278K al di sotto della quale la polimerizzazione avviene lentamente ed in modo incompleto. La malta sintetica dovrà presentare caratteristiche di assoluto pregio per la quasi totale impermeabilità, per l'eccezionale resistenza agli aggressivi chimici, per le elevate caratteristiche meccaniche, per il basso modulo elastico e per le notevoli proprietà superficiali.

9.9 INIEZIONI DI MISCELE CEMENTIZIE

I trattamenti possono definirsi di "riempimento" dei tubi corrugati esistenti, quando riempiono i vuoti e i tubi esistenti senza alterare le loro dimensioni, mediante iniezioni di miscele cementizie atossiche molto fluide e stabili, ad alta capacità di permeazione. I materiali iniettati, dovranno soddisfare i requisiti di carattere ambientale ed ecologico, così come indicato nella attuale Legislazione in materia e successive modifiche. Le iniezioni saranno effettuate impiegando tubi di diametro non inferiore ai 40mm, eventualmente giuntato tramite manicotti o quanto altro occorra per la perfetta efficienza del tubo. I cavidotti da iniettare potranno essere orizzontali o sub-orizzontali o comunque inclinati, pertanto dovranno essere adottati opportuni accorgimenti (tubetti di sfiato, otturatore sulla bocca del perforo, ecc.) per evitare che la miscela cementizia riempia solo parzialmente la cavità o ne fuoriesca. Le malte cementizie utilizzate per l'iniezione dovranno avere la seguente composizione:

- Cemento tipo 4,25: 100 kg;
- Acqua: 50-70 kg;

- Bentonite: 0-2 kg;
- Eventuale additivo antiritiro e/o accelerante.

10 IMPIANTO DI MESSA A TERRA

10.1 GENERALITÀ

L'impianto di terra deve essere conforme a quanto indicato dalla norma CEI EN 50522 2011-03 "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a." (in alta tensione) e dalla CEI 64-8 (in bassa tensione).

Dimensioni minime del dispersore in BT

Tipo di elettrodo	Dimensioni (mm) Sezione (mmq)	Acciaio zincato a caldo (norme CEI 7-6)*	Acciaio rivestito in rame	Rame
Nastro	Spessore	3	Allo studio	3
	Sezione	100		50
Tondino o cond. massiccio	Sezione	50		35
Conduttore cordato	Diametro fili	1,8		1,8
	Sezione	50		25
Picchetto a tubo	Diametro esterno	40		30
	Spessore	2		3
Picchetto massiccio	Diametro esterno	20		15
Picchetto in profilato	Spessore	5		5
	Dim. trasversale min.	50		50

* può essere utilizzato acciaio senza rivestimento protettivo purché con spessore aumentato del 50% e con sezione non inferiore a 100mmq.

Dimensioni minime del dispersore in AT

Tipo di elettrodo	Dimensioni (mm) Sezione (mmq)	Acciaio zincato a caldo (norme CEI 7-6)*	Acciaio rivestito in rame	Rame
Nastro	Spessore	3	Allo studio	2
	Sezione	90		50

Tondino o cond. massiccio	Sezione	–		25
Conduttore cordato	Diametro fili	–		1,8
	Sezione	–		25
Picchetto a tubo	Diametro esterno	25		20
	Spessore	2		2
Picchetto massiccio	Diametro esterno	20		–

* può essere utilizzato acciaio senza rivestimento protettivo purché con spessore aumentato del 50% e con sezione non inferiore a 100mmq.

10.2 SPECIFICHE IMPIANTO DI TERRA

In ogni caso, i dispersori devono avere dimensioni minime tali da resistere alla corrosione e alle sollecitazioni termiche della corrente. Negli impianti alimentati in A.T. le dimensioni minime succitate sono ampiamente sufficienti a soddisfare ogni requisito a riguardo di sollecitazioni termiche. È vietato l'uso, come dispersore, delle tubazioni dell'impianto idrico, anche pubblico, nonché delle armature dei cavi. La posa di dispersori in rame in scavi predisposti, nonché i collegamenti nella loro parte interrata o entro fondazioni, dovrà prevedere le precauzioni onde ridurre i danni per effetto elettrolitico in prossimità di tubazioni, strutture o altri elementi in metallo corrodibile. Ove tale vicinanza sia inevitabile, si dovrà infilare il conduttore entro tubo isolante, ovvero sostituirlo con tratto di cavo isolato, ovvero adottare provvedimenti tali che la distanza minima tra i due metalli diversi non sia inferiore ad almeno 1 m. La posa del dispersore in cavo entro scavi predisposti dovrà avvenire ad una profondità di almeno 50 cm dal piano del calpestio e ad una distanza minima dell'edificio di 1,50 m; successivamente dovrà essere ricoperto per almeno 30 cm da terreno vegetale; non sarà ammessa la copertura con il solo materiale di "risulta" del cantiere. In corrispondenza di giunzioni interrate dovranno essere eseguite opportune protezioni al fine di evitare fenomeni di ossidazioni e corrosioni nel tempo. I conduttori di terra ed i conduttori di protezione devono avere sezioni tali da resistere alle sollecitazioni meccaniche presumibili nel luogo di installazione e alle sollecitazioni termiche prodotte dalla corrente. Nei confronti delle sollecitazioni meccaniche, i conduttori di terra in AT devono avere sezioni non inferiori a:

- 16mmq se in rame;
- 35mmq se in alluminio;
- 50mmq se in acciaio.

Mentre in BT si deve fare riferimento alla tabella 54° della CEI 64-8. In relazione alle sollecitazioni termiche, la sezione dei conduttori di terra e dei conduttori di protezione (in AT e in BT) non deve risultare inferiore a:

$$S = \sqrt{\frac{I^2 t}{k}}$$

Dove K dipende da temperatura iniziale e temperatura finale massima ammessa e dai materiali utilizzati. Il tempo t equivale al tempo di intervento delle protezioni. L'impianto di terra progettato (intenzionale) deve inoltre, laddove possibile, essere collegato agli elementi strutturali metallici (impianto di terra di fatto). In ogni caso, i soli dispersori intenzionali (senza l'ausilio dei dispersori di fatto), devono garantire l'idoneità dell'impianto di terra. Al collettore di terra, oltre al conduttore di terra dovranno essere collegati i conduttori di protezione ed i conduttori equipotenziali principali ed i centro stella dei trasformatori e di eventuali gruppi elettrogeni. I conduttori equipotenziali principali devono collegare al collettore di terra le masse estranee entranti nel fabbricato e devono essere realizzati con conduttore avente sezione pari ad almeno la metà di quella del conduttore di fase di sezione più elevata con un minimo di 6mmq ed un massimo di 25mmq. I conduttori di protezione devono collegare a terra tutte le masse e se facenti parte della stessa conduttura devono avere sezione concorde a quanto indicato nella tabella 54F della Norma CEI 64-8. Un conduttore di protezione può essere comune a più circuiti purché sia applicata la precedente prescrizione con riferimento alla sezione del conduttore di fase maggiore. Se il conduttore di protezione non fa parte della stessa conduttura del conduttore di fase, deve avere sezione almeno pari a 2.5 o 4mmq a seconda che ne sia prevista o meno protezione meccanica. Sia in AT sia in BT gli impianti di terra devono garantire la sicurezza delle persone con le modalità indicate nella Normativa CEI. In particolare, in AT, il valore di resistenza di terra deve essere tale da garantire delle tensioni di passo e di contatto al disotto dei limiti massimi ammessi mentre in BT il valore deve essere compatibile con i dispositivi di interruzione automatica del circuito di alimentazione. Tutta la viteria e bulloneria impiegata per realizzare i collegamenti di terra e tutti i materiali accessori saranno o in rame o in acciaio inossidabile o zincato a caldo. Le superfici di contatto, se in rame, dovranno essere stagnate o ravvivate e comunque sgrassate prima della giunzione. Tutti i punti accessibili connessi agli impianti di terra (scatole di ispezione, nodi di terra, piastre di misura equipotenziale, ecc.) dovranno riportare il segno grafico di messa a terra. I conduttori di protezione attestati alla sbarra dovranno essere muniti di contrassegno tale da consentire di risalire agevolmente alla loro provenienza. Non saranno ammesse identificazioni dei cavi mediante scritte effettuate a mano su etichette o sulle guaine dei cavi stessi. All'interno della cassetta di contenimento dovrà trovare posto lo schema dettagliato di tutte le connessioni relative al nodo equipotenziale con riportata la tabella relativa alle sigle dei cavi e la loro destinazione. I pozzetti della rete di dispersione dovranno essere rintracciabili mediante cartelli indicatori di messa a terra, posti nelle immediate vicinanze e dovranno riportare oltre alla numerazione del dispersore indicata negli elaborati grafici di progetto dei singoli contratti applicativi o definiti in sede di DL, anche le distanze dal cartello stesso; ove non fosse possibile fissare dei cartelli indicatori, i pozzetti dovranno essere contrassegnati

in modo visibile, con il simbolo di messa a terra e con la numerazione del dispersore; la marcatura dovrà essere effettuata a mezzo di vernice ad elevate caratteristiche di resistenza agli agenti atmosferici, ovvero con contrassegni, targhette o altro definito in sede di DL, fissati con tasselli ad espansione.

11 COMPARTIMENTAZIONE BY-PASS E CUNICOLI DI SICUREZZA

11.1 GENERALITÀ

Il tunnel è dotato di by-pass, realizzati per consentire la fuga delle persone in caso di emergenza, che devono poter essere classificati come vie di fuga protette. Il by-pass ha la funzione di separazione tra i due fornici, pur assicurandone la comunicazione; in caso di incendio in un fornice, esso deve evitare che il fornice contiguo sia invaso dal fumo in occasione dell'apertura delle porte tagliafuoco. In sintesi, il by-pass deve essere in grado di garantire all'incendio la stessa separazione di un muro tagliafuoco privo di aperture. Il by-pass deve essere delimitato da strutture con resistenza al fuoco non inferiore a 120 minuti, dotato di due o più porte munite di congegni di auto-chiusura con resistenza al fuoco REI non inferiore a 120 minuti, mantenuto in sovrappressione ad almeno 0,3mbar (30Pa) anche in condizioni di emergenza. Per adempiere alle succitate prescrizioni occorre assicurare la pressurizzazione del filtro mediante un idoneo sistema di pressurizzazione, alimentato in continuità assoluta. Il sistema di ventilazione, su ognuno dei due lati di ogni by-pass, sarà costituito da:

- Una griglia di presa d'aria sulla parete che separa il bypass dal fornice;
- Un canale di presa aria in lamiera d'acciaio;
- Un sistema filtrante, posto a monte della presa di aspirazione dell'aria;
- Un ventilatore di sovrappressione completo di serranda tagliafuoco;
- Un sistema di serrande, costituito da n.1 serranda di regolazione per la corretta taratura della pressione all'interno del luogo sicuro temporaneo e n.1 serranda tagliafuoco.

11.2 ESTRATTORE DI ARIA LIBERA

L'estrattore dovrà compensare i trafilamenti dell'aria attraverso le porte del filtro, quando queste ultime sono chiuse; all'apertura di una delle porte, questo ventilatore verrà arrestato automaticamente. Sarà idoneo per installazione a parete o su solaio; dovrà presentare un grado di protezione non inferiore a IP55. Il ventilatore sarà resistente alla corrosione ed idoneo al fun-

zionamento continuo all'aperto; sarà completa di piastra di montaggio in acciaio, rete di protezione lato motore e antivibranti. La forma di funzionamento sarà A, cioè con flusso d'aria da motore a girante. Il motore avrà una carcassa in alluminio estruso con fissaggi a "T"; i cuscinetti a sfere saranno prelubrificati, onde non richiedere manutenzione per tutta la vita del ventilatore. La girante sarà in un unico pezzo stampato in resina propilenica resistente ai raggi ultravioletti, con mozzo in alluminio; sarà munita di cinque pale con profilo alare, disposte ad intervalli asimmetrici. L'equilibratura rispetterà le norme ISO 1940 e BS 6861 Parte 1, grado G6-3. I bracci di fissaggio subiranno una verniciatura poliestere, mentre le parti non verniciate saranno zincate e passivate, oppure di plastica; il motore subirà una verniciatura alchidica. La piastra di montaggio avrà una verniciatura coprente a polvere poliestere. Le caratteristiche tecniche del ventilatore saranno:

- Diametro 800 mm;
- Velocità 1450 giri/minuto;
- Portata d'aria 16400 m3/ora;
- Pressione statica 80 Pa;
- Classe di isolamento F;
- Tensione di alimentazione 400 V;
- Frequenza nominale 50 Hz;
- Potenza elettrica 2,95 W;
- Temperatura di esercizio -20°C ÷ +50°C;
- Norme di riferimento IEC 34-1 e BS5000 Parte 99.

11.3 SERRANDE TAGLIAFUOCO

La serranda tagliafuoco, con resistenza pari a 120 minuti, a sezione rettangolare per installazione a parete con temperatura di chiusura pari a 70°C attivata da elemento fusibile, sarà installata a protezione del foro di installazione del ventilatore assiale o estrattore; sarà realizzata con telaio in acciaio galvanizzato, finecorsa da ambo i lati, guarnizione sul perimetro, serranda di materiale resistente al fuoco.

11.4 PORTA TAGLIAFUOCO

La porta dovrà essere costruita ed omologata secondo la norma UNI 9723, fornita e posta in opera.

Sono compresi:

- il telaio in acciaio munito di zanche per fissaggio a muro;

- il battente con doppia maniglia;

- la serratura con chiave patent;

- la guarnizione termo-espandente;

- le cerniere con molla di richiamo;

- la targhetta identificativa;

- la verniciatura standard con mano di vernice epossidica;

- le opere murarie di fissaggio.

È inoltre compreso quanto altro occorre per dare l'opera finita. Sono esclusi:

- la ripresa dell'intonaco;

- la tinteggiatura.

11.5 SEZIONE FILTRANTE

Il sistema filtrante sarà composto da tre sistemi di abbattimento per la purificazione dell'aria dai contaminanti presenti nella canna da cui sarà prelevata l'aria. Il primo sistema filtrante è costituito da filtri grossolani, che svolgono il compito di trattenere le impurità di dimensioni maggiori dall'aria aspirata. Il secondo sistema filtrante è costituito da filtri ad elevata capacità filtrante che garantiscono un notevole contenimento del particolato. Il terzo sistema filtrante utilizza filtri di adsorbimento a carboni attivi, in grado di trattenere da aria e gas sostanze quali, solventi, idrocarburi, anidride solforosa e solforica, HCI, acido solfidrico, ecc.

12 IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO E SISTEMI DI MITIGAZIONE

12.1 GENERALITÀ IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO

L'erogazione idrica in galleria deve provvedere all'alimentazione dell'impianto idrico antincendio. Il sistema di alimentazione idrica deve essere in grado di garantire la continuità di erogazione idrica per almeno due ore. L'impianto idrico antincendio è costituito da una rete fissa di idranti chiusa ad anello in prossimità degli imbocchi, mantenuta permanentemente in pressione e può essere collocata in posizione protetta dietro i profili redirettivi lato corsia di marcia ove esistenti, interrata sotto marciapiede o staffata a vista sul piedritto della galleria ed opportunamente protetta con appositi dadi in calcestruzzo. L'impianto idrico antincendio deve essere in grado di garantire valori di portata uniformi tra i differenti idranti e comunque non inferiori

a 120l/min per gli idranti DN 45 e 300l/min per gli idranti DN 70. L'impianto idrico antincendio deve essere dotato di:

- Idranti UNI 45 con relativo corredo di tubazione flessibile da 20m e lancia erogatrice, con idranti che devono essere previsti nelle stazioni di emergenza o in prossimità delle stesse entro appositi armadietti in acciaio inox almeno AISI 304;
- Idranti UNI 70 con relativo corredo di tubazione flessibile da 20m e lancia erogatrice, con idranti che devono essere previsti agli imbocchi dei fornici;
- Attacchi di mandata per autopompa agli imbocchi dei fornici, con attacchi di immissione che devono essere due ed avere diametro DN 70.

Gli idranti DN 45 devono essere posizionati sul lato di marcia, mantenendo, per quanto possibile, la stessa interdistanza per lato. La rete fissa di idranti deve essere chiusa ad anello ed alimentata da una o più stazioni di pompaggio dotate di:

- Gruppo di pompaggio;
- Serbatoio di riserva prefabbricato o gettato in opera.

La rete fissa di idranti non deve essere esposta direttamente al fuoco dovendo garantire il servizio per un tempo non inferiore alle due ore nel corso delle operazioni di spegnimento. L'impianto deve essere dimensionato in modo da garantire il simultaneo funzionamento di almeno 4 idranti DN 45 con 120l/min cadauno e pressione residua non inferiore a 0,2MPa e 1 idrante DN 70 con 300l/min e pressione residua non inferiore a 0,4MPa, nella posizione idraulicamente più sfavorevole. La rete fissa di idranti deve essere protetta dal gelo, da possibili urti meccanici, dalla corrosione e consentire le dilatazioni termiche. Ogni pompa antincendio dovrà essere alimentata con propria linea esclusiva, derivata a monte dell'interruttore generale BT dell'impianto elettrico, in modo che l'energia elettrica sia disponibile anche in caso di condizione di aperto di tutti gli interruttori dell'impianto. Le linee di alimentazione devono essere protette contro i cortocircuiti ed i contatti indiretti, ma non contro il sovraccarico, a favore della continuità e sicurezza di esercizio. L'impianto deve essere alimentato dalla normale rete di distribuzione di energia elettrica e da una fonte di energia elettrica di emergenza.

12.2 GRUPPO DI POMPAGGIO

Il gruppo di pompaggio o pressurizzazione dovrà essere a norma UNI EN 12845 su telaio in acciaio composto da:

- n. 1 ELETTROPOMPA DI SERVIZIO centrifuga normalizzata mono-girante con diffusore a chiocciola e tenuta meccanica, montata su robusto basamento in profilati metallici e accoppiata, mediante giunto elastico con spaziatore e dotato di

riparo antinfortunistico, a motore elettrico trifase normalizzato, forma B3, chiuso ventilato esternamente;

- n. 1 MOTOPOMPA DI SERVIZIO centrifuga normalizzata mono-girante con diffusore a chiocciola e tenuta meccanica, montata su robusto basamento in profilati e accoppiata mediante giunto elastico con spaziatore e dotato di riparo antinfortunistico, a motore endotermico Diesel con raffreddamento ad aria. Previsti a corredo doppia batteria di avviamento e serbatoio di combustibile con autonomia minima di 6 ore a piena potenza, fornito staccato.
- n. 1 ELETTROPOMPA PILOTA centrifuga monoblocco, di portata ridotta, destinata a mantenere in pressione la rete antincendio compensando eventuali perdite, corredata di valvolame di intercettazione, pressostato di comando e n. 1 serbatoio a membrana da 20 litri. Avente le seguenti caratteristiche: installazione sotto battente, portata elettropompa: 72,0 mc/h, prevalenza: 70,0 m.c.a., potenza elettropompa: 30,00 Kw, portata motopompa: 72,0 mc/h, prevalenza: 70,0 m.c.a., potenza motopompa: 33,0 Kw in curva "NA", potenza pompa pilota: 2,20 Kw;

La stazione di pompaggio sarà, completa, altresì, di:

- Tubazioni in acciaio INOX AISI 304 per collegamenti idraulici gruppo pressurizzazione;
- n. 3 quadri elettrici (uno per ogni pompa) realizzati secondo le norme UNI EN 12845 in cassa di lamiera metallica IP 54, fissati sul basamento del gruppo e collegati elettricamente a pompe e comandi;
- n. 1 collettore di mandata DN 100 in acciaio elettrosaldato e verniciato, biflangiato, completo di attacchi alle pompe ed alle utenze;
- n. 2 kit diaframma circuito ricircolo per il raffreddamento delle pompe di servizio durante il funzionamento a portata nulla;
- Accessori idraulici in mandata alle pompe di servizio allargati a DN 65;
- n. 1 Kit aspirazione per n. 3 pompe con valvole a farfalla per le pompe di servizio allargate a DN 125 con tronchetto eccentrico;
- n. 1 collettore di prova portata DN 80, in acciaio elettrosaldato e verniciato realizzato per garantire il necessario tratto rettilineo prima del misuratore di portata, corredato di valvole a farfalla d'intercettazione;
- n. 1 quadro di segnalazione cumulativa a distanza degli allarmi, alimentazione 230 V monofase, predisposto per fissaggio a parete, completo di batteria tampone, caricabatteria e sirena con lampeggiatore luminoso;

- n. 1 flussimetro a lettura rinviata DN 65;
- Valvole a farfalla tipo wafer DN 65 PN 6/10/16 in ghisa;
- Flange DN 65 UNI 2254 PN 16;
- n. 1 arresto temporizzato UNI 10779 per elettropompa/motopompa.

Il tutto dovrà essere corredato di schemi per collegamenti-installazione, dichiarazione conformità macchinari e quadri elettrici in rispetto delle normative vigenti in materia.

12.3 COMPONENTI PER IMPIANTO DI MITIGAZIONE INCENDIO

Secondo la Direttiva 2004/54/CE, il livello di sicurezza del sistema galleria può essere modificato introducendo sistemi di sicurezza innovativi, compatibili con l'evoluzione della buona pratica, come i sistemi di mitigazione degli incendi. I sistemi attualmente utilizzabili in galleria sono del tipo a diluvio ed il loro utilizzo è strettamente legato all'applicazione della metodologia dell'Analisi di Rischio. Il sistema dovrà utilizzare schiuma certificata relativamente a biodegradabilità ed atossicità e sarà costituito da:

- Valvola a diluvio 4" con circuito di attuazione e controllo, elettrovalvola a solenoide, manometri in acciaio AISI 316L completi di rubinetto porta manometri in acciaio AISI 316L, pressostato IP65 per la segnalazione di impianto intervenuto;
- Valvola a farfalla completa di controflange per connessione alla dorsale;
- Cavi e pressacavi, minuterie elettriche per collegamento con scatola di derivazione di campo;
- Ugelli spray "IPS" completi di cappuccio a chiusura.

12.4 SISTEMA DI STOCCAGGIO E MISCELAZIONE SCHIUMA

Il sistema di stoccaggio e miscelazione schiuma deve essere composto da:

- Serbatoio in fibra di vetro per lo stoccaggio del liquido schiumogeno concentrato;
- Gruppo di miscelazione di schiuma automatico per portata variabile;
- Pompa liquido schiumogeno ad ingranaggi;
- Quadro elettrico di potenza e comando;
- Valvola di intercettazione principale.

Nella fornitura e nella posa in opera sono compresi tutti gli accessori necessari al funzionamento del sottosistema a perfetta regola d'arte.

13 IMPIANTO DI SEGNALETICA VERTICALE DI EMERGENZA

13.1 PREMESSA

La segnaletica verticale di emergenza si compone di una serie di apparati la cui funzione è quella di:

- Segnalare all'utente, tramite cartelli luminosi, il posizionamento di stazioni di emergenza in galleria, by-pass, piazzole di sosta, uscite all'aperto;
- Informare l'utente, tramite PMV alfanumerici e grafici, delle condizioni in galleria, di eventuali situazioni di pericolo e di emergenza.

La segnaletica verticale di emergenza (piazzole, S.O.S., estintori, idranti, uscite di emergenza) deve essere di tipo luminoso, di classe minima L2 così come descritta dal norma 12899-1 e rivestita da un film rifrangente microprismatico in grado di assicurare la visibilità del segnale anche in caso di assenza di energia elettrica; la rimanente segnaletica deve essere almeno ricoperta di pellicola ad elevatissima rifrangenza microprismatica, secondo la definizione della norma UNI 11122 (Luglio 2004) realtiva alle "Caratteristiche prestazionali dei materiali per segnaletica verticale con tecnologia a microprismi".

13.2 SEMAFORI

I semafori saranno del tipo a due lanterne (verde/rosso) o tre lanterne (verde/giallo/rosso) con diametro 300mm, assemblate orizzontalmente con piastra di supporto, con accensione a led ad alta luminosità, lente di chiusura in policarbonato trasparente, corpo in lega metallica, alimentazione 230V, IP65, conformità illuminamento, luminanza e contrasto secondo EN 12899, completo di accessori elettrici e di installazione. Nella fornitura e posa in opera sono inclusi gli allacci all'impianto dorsale, le opere di assistenza muraria e gli oneri per noli ed opere provvisionali. In presenza di galleria la cui lunghezza superi i 500 metri, è necessario installare lanterne semaforiche che consentano la chiusura della galleria in situazione di emergenza. Nel caso di gallerie monodirezionali, le lanterne semaforiche dovranno essere installate obbligatoriamente ad imbocco galleria sul lato destro ed eventualmente anche sul lato sinistro rispetto al verso di percorrenza della galleria. In questo caso il sistema può essere replicato all'altro imbocco nel caso in cui si renda necessario parzializzare il traffico su un'unica canna con doppio senso di circolazione. Nel caso, invece, di gallerie bidirezionali andranno posizionate obbligatoriamente

ad imbocco galleria soltanto sul lato destro rispetto al verso di percorrenza della galleria. Il semaforo all'imbocco della galleria deve essere preceduto dal cartello di preavviso semaforico come da Figura II 31/a Art. 99.

13.3 PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE

A distanza di 150 metri prima degli imbocchi, dovranno essere previsti pannelli a messaggio variabile costituiti da una indicazione alfanumerica (tipicamente 3x15, 3x20, 4x15 caratteri) e da un pittogramma di tipo full color. E' necessario installare anche ad imbocco galleria un PMV di tipo 2x12 caratteri in presenza di carreggiata con due sole corsie di marcia; in caso di due corsie di marcia e corsia di emergenza al PMV 2x12 caratteri si dovrà abbinare un pannello grafico di tipo full color.

Il pannello alfanumerico a messaggio variabile dovrà essere conforme per ogni sua caratteristica ed in ogni sua parte alla normativa europea di riferimento CEI UNI EN 12966-1:2010, con Certificato di Omologazione da parte del Ministero dei Trasporti e Certificato di Marcatura CE. Il PMV permette di visualizzare i messaggi con modalità fissa, lampeggiante e alternando i messaggi secondo tempi preimpostati. Il contenitore del PMV è costituito da una lamiera di alluminio, il telaio interno è costituito da un tubolare in acciaio zincato a caldo mentre l'esterno è verniciato con fondo e con vernici epossidiche. Per ogni scheda è montato un sistema per la protezione dall'irraggiamento solare diretto sui singoli led e migliorare il contrasto visivo. Lo schermo del PMV viene protetto per ogni singolo carattere con uno schermo trasparente stabilizzato agli UV, anti-frantumazione in policarbonato. Il grado di protezione di tutta la struttura meccanica dovrà essere almeno IP55. Tutti i materiali impiegati dovranno essere conformi alle norme. Il PMV è dotato di un circuito di regolazione automatica in grado di adattare automaticamente la luminosità emessa alle condizioni ambientali di luce ed evitare qualsiasi abbagliamento notturno; i LED montati sui pannelli sono dotati ciascuno di un circuito regolatore di corrente che ne garantisce la costanza ed uniformità di emissione. Ogni matrice carattere è controllata da elettronica di gestione dedicata che provveda al colloquio con l'unità di controllo mediante interfaccia RS-485, ed alla gestione della diagnostica.

Le schede elettroniche e i moduli interni al pannello sono intercambiabili. Nella fornitura e posa in opera è compreso ogni onere e accessorio per dare l'opera finita e funzionante, compreso l'allacciamento dal punto di consegna dell'energia elettrica e dati fino all'unità di controllo locale posta nelle immediate vicinanze (alla base del portale) e collegamento alle puntazze di terra nell'apposito pozzetto.

13.4 PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE GRAFICO FULL COLOR

Il pannello grafico full color è da prevedersi obbligatoriamente accoppiato con un PMV alfanumerico 3x15, 3x20 0 4x15 caratteri e deve avere dimensioni tipiche 900x900mm o 1200x1200mm.

Il pannello a messaggio variabile (PMV) con tecnologia a LED di tipo grafico full-color, deve essere in grado di presentare all'utenza i segnali stradali del codice della strada secondo fig. e art. del DPR 495/92. Il pannello a messaggio variabile è conforme per ogni sua caratteristica ed in ogni sua parte alla normativa europea di riferimento CEI UNI EN 12966-1:2010, con Certificato di Omologazione da parte del Ministero dei Trasporti e Certificato di Marcatura CE. Il PMV permette di visualizzare i messaggi con modalità fissa, lampeggiante e alternando i messaggi secondo tempi preimpostati.

Il contenitore del PMV è costituito da una lamiera di alluminio, il telaio interno è costituito da un tubolare in acciaio zincato a caldo mentre l'esterno è verniciato con fondo e con vernici epossidiche.

Per ogni scheda è montato un sistema per la protezione dall'irraggiamento solare diretto sui singoli led e migliorare il contrasto visivo. Lo schermo del PMV viene protetto internamente contro infiltrazioni di acqua e polvere da uno schermo trasparente stabilizzato agli UV, antifrantumazione in policarbonato ed è dotato di contropiastre con la funzione di evitare l'irraggiamento diretto sulle schede elettroniche e migliorare la dissipazione del calore. Il grado di protezione di tutta la struttura meccanica dovrà essere almeno IP55. Tutti i materiali impiegati sono conformi alle norme. Il PMV è dotato di un circuito di regolazione automatica in grado di adattare automaticamente la luminosità emessa alle condizioni ambientali di luce ed evitare qualsiasi abbagliamento notturno; i LED montati sui pannelli sono dotati ciascuno di un circuito regolatore di corrente che ne garantisce la costanza ed uniformità di emissione. Ogni matrice carattere è controllata da elettronica di gestione dedicata che provveda al colloquio con l'unità di controllo mediante interfaccia RS-485, ed alla gestione della diagnostica. Le schede elettroniche e i moduli interni al pannello sono intercambiabili.

13.5 UNITÀ DI CONTROLLO LOCALE PER GESTIONE PMV

L'unità elettronica per il controllo dei pannelli a messaggio variabile (PMV) è installata all'interno di un armadio di dimensioni adeguate in vetroresina, pressato a caldo, di colore grigio chiaro uguale o similare al RAL 7032 (inalterabile alle intemperie), autoestinguente, con porta completa di chiusura, grado di protezione IP65. L'unità di controllo dovrà possedere le seguenti caratteristiche tecniche:

- Scheda a microcontrollore senza parti in movimento in grado di garantire affidabilità nel tempo;

- Possibilità di messaggi pre-memorizzati su EEPROM estraibile e personalizzabile;
- Messaggi di diagnostica inviabili via SMS anche a più utenti preregistrati (opzione disponibile con modem GSM);
- Visualizzazione sui PMV di data e ora;
- Gestione sincronizzata del lampeggio e degli eventuali messaggi alternati sui PMV;
- Visualizzazioni messaggi fisso, lampeggiante, lampeggiante su singola riga, alternato;
- Messaggi alternati in modo istantaneo, senza intervalli di ritrasmissione tra l'uno e l'altro;
- Invio di messaggi non predefiniti in memoria (CUSTOM) mediante un semplice SMS da numero autorizzato con modem GSM;
- PMV controllabili fino a 5 contemporaneamente;
- Possibilità di controllo mediante consolle locale per l'invio manuale dei messaggi, completa di tastiera e display LCD retroilluminato 2 x 16 caratteri;
- Interfaccia seriale di tipo RS 485 per il collegamento in parallelo della centralina con i PMV per un massimo di 5;
- Interfaccia seriale di tipo RS 232 per il collegamento con un terminale per l'esecuzione dei test in locale;
- Interfaccia seria le di tipo RS 485 per il controllo remoto dei PMV con protocollo in codice ASCII per gestione completa dei PMV su RS 485. In opzione è disponibile modem GSM/GPRS, Ethemet a 10/100 Mbit 10 Base-T con connettorizzazione RJ45 per la gestione di protocolli TCP/IP;
- 8 ingressi analogici + 10 digitali per controllo locale da PLC;
- Possibilità di controllo locale da consolle, locale da PC di diagnostica, locale da PLC, remoto da RS485, GSM/GPRS, Ethemet.

La disposizione interna delle parti componenti la centralina è realizzata con criteri di ergonomia tali da permettere una facile manutenzione. Le schede dovranno essere facilmente accessibili e smontabili. L'unità elettronica di controllo gestisce una scheda di diagnostica ON UNE in tempo reale in grado di effettuare:

- Accensione e spegnimento dei PMV in modo automatico;
- Verifica del corretto funzionamento dei PMV attraverso TEST ON UNE di controllo pixel a pixel in grado di individuare malfunzionamenti anche parziali dei singoli pixel. Tale test deve essere effettuato senza la necessità di dover visualizzare un particolare pittogramma e comunque non dovrà perturbare la visualizzazione presente sul PMV;

- Verifica della corretta rappresentazione del pittogramma trasmesso. Tale dispositivo controlla costantemente i PMV ed avvisare, tramite il protocollo di trasmissione, nel caso siano rilevati problemi di funzionamento del pannello e dei sui dispositivo di alimentazione.

Il sistema è in grado di segnalare le seguenti condizioni di allarme:

- Avaria sul dispositivo di alimentazione della logica;
- Avaria sul dispositivi di alimentazione dei LED;
- Avaria sull'alimentazione delle ventole di raffreddamento;
- Allarme temperatura elevata: saranno definite almeno 3 soglie, con attivazione e disattivazione in modo automatico delle ventole e chiusura dell'alimentazione al PMV al superamento di 80° C.

In caso di allarme, dopo 10 secondi, l'unita di controllo provvede automaticamente a ripristinare o spengere il PMV, in questo ultimo caso continua a visualizzare lo stato di allarme affinché, prima di spengere e riaccendere il dispositivo tramite la funzione ON/OFF, si possano verificare i problemi segnalati. Alimentazione 230V AC 50 Hz (assorbimento max 50W) completo di protezione di linea e presa di servizio.

13.6 PANNELLO DI PERCORRENZA CORSIA

Nelle gallerie di lunghezza superiore a 1000 metri, i semafori e il sistema PMV andranno ripetuti ogni 300 metri all'interno della galleria; in questo caso si dovranno adottare le lanterne semaforiche a messaggio variabile o di percorrenza corsia poste sopra le corsie di marcia come da fig. II 458 Art. 164 del D.P.R. 495/92.

Il pannello di percorrenza corsia dovrà avere tecnologia a LED di tipo grafico per la visualizzazione di pittogrammi predefiniti. Sarà del tipo a due stati (freccia verde/croce rossa) o quattro stati (freccia verde/croce rossa/freccia gialla destra/freccia gialla sinistra). Il pannello a messaggio variabile è conforme per ogni sua caratteristica ed in ogni sua parte alla normativa europea di riferimento CEI UNI EN 12966-1:2010, con Certificato di Omologazione da parte del Ministero dei Trasporti e Certificato di Marcatura CE. Il contenitore del PMV è costituito da una lamiera di alluminio, il telaio interno è costituito da un tubolare in acciaio zincato a caldo mentre l'esterno è verniciato con fondo e con vernici epossidiche. Lo schermo del PMV viene protetto internamente contro infiltrazioni di acqua e polvere da uno schermo trasparente stabilizzato agli UV, anti-frantumazione in policarbonato ed è dotato di contropiastre con la funzione di evitare l'irraggiamento diretto sulle schede elettroniche e migliorare la dissipazione del calore. Il grado di protezione di tutta la struttura meccanica deve essere almeno IP55. Tutti i materiali impiegati sono conformi alle norme. Il PMV è dotato di un circuito di regolazione automatica in grado di

adattare automaticamente la luminosità emessa alle condizioni ambientali di luce ed evitare qualsiasi abbagliamento notturno; i LED montati sui pannelli sono dotati ciascuno di un circuito regolatore di corrente che ne garantisce la costanza ed uniformità di emissione. Ogni matrice carattere è controllata da elettronica di gestione dedicata che provveda al colloquio con l'unità di controllo mediante interfaccia RS-485, ed alla gestione della diagnostica. Le schede elettroniche e i moduli interni al pannello sono intercambiabili. Nella fornitura e posa in opera è compreso ogni onere e accessorio per dare l'opera finita e funzionante, compreso l'allacciamento energia e dati fino all'unità di controllo locale posta nelle immediate vicinanze (in corrispondenza della postazione SOS più vicina).

13.7 PORTALE IN ACCIAIO ZINCATO A CALDO

La struttura deve essere idonea per il sostegno di targhe segnaletiche, può essere del tipo a cavalletto, a portale o a farfalla ed avrà le seguenti caratteristiche:

- Struttura costituita con elementi tubolari a sezione circolare o scatolare uniti mediante saldatura ed opportunamente sagomati e rinforzati;
- Quota dei correnti rispetto al suolo tale che il bordo inferiore delle targhe montate sul portale si trovi in ciascun punto ad almeno m 5.50 di altezza sulla sottostante carreggiata;
- Collegamenti delle principali parti della struttura ottenuti mediante flange di dimensioni adeguate, munite di fazzoletti e serrate con bulloni classe 8.8 di sezione adeguata;
- Sollecitazione max risultante inferiore a 16 kg/mmq in qualsiasi punto della struttura;
- Zincatura a caldo, previo trattamento di sgrassaggio e decapaggio, con copertura di zinco non inferiore a 650 g per mq di superficie; strato di zinco uniforme e continuo, esente da scaglie e scorie;
- Ancoraggio al plinto di fondazione in calcestruzzo mediante piastre, flange e tirafondi affogati nel calcestruzzo per una profondità di almeno 60 cm, tra loro connessi con collegamenti saldati;
- Blocco di fondazione dimensionato così che, in presenza della sollecitazione max prevista per il portale, la pressione del terreno sul bordo compresso non superi 1 kg/cmq, in ogni caso senza tenere conto della presenza del terreno che ne circonda i lati;

È compreso ogni onere per fornitura materiali, lavorazioni, sfrido, assemblaggio, trasporto a piè d'opera. È compreso, inoltre, ogni altro onere per la preventiva presentazione alla D.L. della relazione di calcolo del portale e del relativo plinto di fondazione con allegati disegni esecutivi firmati da un ingegnere iscritto all'albo, nonché dal computo dettagliato del peso teorico che

dovrà trovare riscontro con gli accertamenti che saranno effettuati dalla D.L. per la determinazione del peso effettivo.

13.8 CARTELLO LUMINOSO SOS - ESTINTORE - IDRANTE

Il cartello in esame deve essere posto in corrispondenza di ogni postazione SOS. Il cartello luminoso per segnaletica di sicurezza in galleria sarà costituito da un cassonetto luminoso triangolare bifacciale a tutto schermo, a forma di parallelepipedo con base triangolare di dimensioni 450x450x450 mm, altezza 1500 mm, costituito da struttura portante in acciaio INOX AISI 304 o 316L e schermo in materiale autoestinguente, ad elevata resistenza meccanica, alle escursioni termiche, agli agenti corrosivi, agli idrocarburi e all'invecchiamento ai raggi UV da entrambi i lati, completo di pellicola SCOTCHLITE DIAMONT GRADE 3M translucente tipo 3990T classe III con simbologia come previsto da DPR n495/92 (Figura II 305 Art. 135 e Figura II 178 Art.125) e pellicola trasparente supplementare antigraffio. Tale schermo sarà costituito da parallelepipedo triangolare in policarbonato (LEXAN) spessore minimo 3 mm completo di idonee guarnizioni in gomma siliconica a cellula chiusa in modo da garantire un grado di protezione IP65.

Il cartello deve essere provvisto di:

- Doppio attacco posteriore in barra omega od equivalente per fissaggio dello stesso alla parete o al rivestimento della galleria;
- Impianto di illuminazione interna realizzato con lampade fluorescenti o a led di potenza e quantità idonea montate in posizione tale da garantire una luce uniformemente distribuita su tutto il segnale;
- Apparecchiature elettriche e relativo impianto in classe di isolamento II;
- Staffe regolabili e accessori per l'installazione.

Per la protezione della derivazione ed il relativo cavo di collegamento il cartello è corredato da una protezione meccanica costituita da lamiera in acciaio inox AISI 304 o 316L sp. 10/10 di altezza 100 mm. Il cartello è così composto:

- n. 1 cartello in acciaio a base triangolare di dimensioni 450x450x450 mm ed altezza 1500 mm;
- n. 1 parallelepipedo a base triangolare in policarbonato (Lexan) dim.450x450x450 h950mm sp. 4mm;
- Pellicola adesiva Scotchlite Diamone Grade;
- Chiusure in acciaio con gancio a scatto;
- Cerniere in acciaio;

- Profilo ad Omega in acciaio 41x21 mm;
- Plafoniera con tubo fluorescente da 18W e presa cavo con ghiera PG 11;
- n. 1 cassetta di derivazione dim. 120x80 mm completa di morsettiera e fusibili n. 1pressacavo PG 13.5 e n. 1 pressacavo PG 11.

Il cartello sarà completo di attacchi in acciaio inox dotati di sistema di regolazione a cannocchiale per l'aggancio alla parete. Il prezzo si intende comprensivo degli oneri relativi all'alimentazione elettrica derivata dalla dorsale posata lungo il cavidotto sotto marciapiede, ovvero di muffola di derivazione, fornitura e posa dei cavi di collegamento tipo FTG10OM1 CEI20-45 (l<10m), guaine e/o tubazioni terminali e lavori di allacciamento. Risulta altresì compreso ogni accessorio necessario per rendere l'opera perfettamente funzionante e realizzata a perfetta regola d'arte.

13.9 CARTELLO DI INDICAZIONE LUOGO SICURO O USCITE ALL'APERTO

Il cartello di indicazione luogo sicuro o uscita all'aperto, deve essere posto ogni 75m, alternativamente sui due piedritti della galleria, in modo da indicare le vie di fuga più vicine e la relativa distanza. Il cartello sarà del tipo retroilluminato triangolare bifacciale con cassonetto in profilato di alluminio, grado di protezione IP65, completato sulle facce a vista con idonei pittogrammi serigrafati su un'unica pannellatura in policarbonato avente reazione al fuoco di classe 1 dello spessore minimo di 4 mm. La componentistica elettrica, completa di lampada fluorescente da 32 W con relativo starter, marchiata IMQ, sarà per tensione da 230 V in classe di isolamento II. Il cartello sarà di forma triangolare, di altezza 100 cm, i due lati esposti di lunghezza 60 cm ed inclinati di 30° rispetto alla base fissata a parete. Compresa la fornitura e la posa in opera, completo di viti di fissaggio, collegamenti elettrici ed ogni altra fornitura, prestazione ed onere.

13.10 CARTELLO DI INDICAZIONE BY-PASS

Il cartello deve essere installato in corrispondenza di ogni luogo sicuro o by-pass. Il cartello sarà del tipo bifacciale retroilluminato, dimensioni utili delle figure rappresentate 50x120cm, conforme alla Circolare ANAS 08.09.99, al D.P.R. 495/92, al D.P.R. 610/96 e al C.d.S., con cassonetto in profilati metallici e pannellatura in policarbonato IP65, completo di lampade ad alta efficienza ed accessori, conformità illuminamento, luminanza e contrasto secondo EN 12899, incluso allacci all'impianto dorsale, opere di assistenza muraria per l'installazione ed oneri per noli ed opere provvisionali.

13.11 CARTELLO DI INDICAZIONE PIAZZOLA DI SOSTA

Il cartello dovrà essere posto sia in prossimità della piazzola di sosta e sia 250 metri prima della piazzola stessa e dovrà indicare anche la presenza della postazione SOS. Il cartello con indicazione piazzola di sosta come da fig. II 178 art. 125 DPR 495/92, è costituito da un cassonetto in profili di alluminio con grado di protezione IP65, completato sulle facce a vista con idonei pittogrammi serigrafati su un'unica pannellatura in policarbonato avente reazione al fuoco di classe 1 dello spessore minimo di 4 mm. La componentistica elettrica, completa di lampada fluorescente da 32W con relativo starter, marchiata IMQ, sarà per tensione da 230V in classe di isolamento II. Compresa la fornitura e la posa in opera, completo di viti di fissaggio, collegamenti elettrici alla cassetta di derivazione a mezzo cavi elettrici in rame tipo FG10OM1 (escluso dalla fornitura) ed ogni altra fornitura, prestazione ed onere per dare l'opera completa e funzionante.

14 IMPIANTO SOS

14.1 PREMESSA

Le stazioni di emergenza sono progettate per mettere a disposizione dell'utente diversi strumenti di sicurezza, in particolare telefoni di emergenza ed estintori. Le stazioni di emergenza possono essere costituite da un armadio in acciaio inox AISI 304 o 316L posizionato sul profilo redirettivo o in apposita nicchia ricavata sul piedritto della galleria. Nelle gallerie a traffico monodirezionale gli armadietti di emergenza devono essere posizionati sul lato destro della carreggiata. Un armadietto di emergenza andrà posto all'interno dei luoghi sicuri temporanei nei collegamenti pedonali fra le due canne o a valle delle zone filtro nei cunicoli di sicurezza. Il sistema di allarme in dotazione agli armadietti di emergenza deve essere collegato ad alimentazione elettrica di sicurezza. Gli armadietti, devono essere dotati dei seguenti accessori:

- Scomparto per alloggiamento telefono con pulsanti di allarme per chiamate a Vigili del Fuoco, Polizia Stradale, 118, ANAS o in alternativa al numero unico per le emergenze (112);
- Scomparto per alloggiamento di n. 2 estintori (uno a polvere ed uno a schiuma);
- Scomparto per alloggiamento apparati di telecontrollo.

Le iscrizioni esplicative accanto ai suddetti pulsanti dovranno essere scritte in quattro lingue: italiano, inglese, francese e tedesco. La postazione di emergenza dovrà essere posta obbligatoriamente ad imbocco galleria e ripetuta ogni 150 metri.

14.2 ARMADIO DI SOCCORSO SOS

La postazione è basata su tecnologia Voice Over IP (Voip) ed è composta da armadio in acciaio inox AISI 304 o 316L a tre scomparti per impianto ethernet dotato di pannello frontale serigrafato con funzione di interfaccia utente e di unità elettronica di controllo. La colonnina SOS si attiva mediante richiesta di soccorso dovuta alla pressione di uno dei pulsanti, ciclo di diagnostica e chiamata proveniente dal centro di risposta (solo se configurata in stato di "Wait mode"). La richiesta di soccorso viene instradata al centro di risposta, a seguire un messaggio in sintesi vocale avverte l'utente che la richiesta è stata "presa in carico" dal centro di risposta. La comunicazione fonica tra utente e operatore del centro di risposta avviene mediante tecnologia voip e tramite centralino. L'utente comunica con l'operatore del centro di risposta tramite interfaccia microfono/altoparlante in viva voce a mani libere. L'armadio è appositamente studiato per allocare le apparecchiature necessarie per la trasmissione e la segnalazione delle richieste di soccorso e dei dispositivi di primo intervento in caso di incendio. L'armadio deve possedere le seguenti apparecchiature:

- Apparecchio telefonico antiscasso ed antivandalo adatto per conversazione full-duplex in viva voce per chiamata a 4 numeri di emergenza (Vigili del Fuoco, Polizia Stradale, 118, SOC ANAS) o in alternativa al numero unico per le emergenze (112) con diciture scritte in Italiano, Inglese, Francese, Tedesco e simbologie come prescritte dal codice della strada, corredati da lampade di segnalazione per chiamata effettuata;
- Estintore a polvere da 6 Kg tipo 34A 233BC ed estintore idrico da 6 LT tipo 21A 233B, contenuti entro apposito vano provvisti di porta con apertura a chiave e lastra di vetro a rompere (SAFE CRASH), l'apertura della porta o il prelievo di un estintore e controllato da apposito pulsante collegato ad un allarme locale.
- Vano provvisto di porta con apertura a chiave per alloggiamento apparati di telecontrollo (piastra di fondo RIO o PLC, cassetto ottico, switch).

L'armadio è dotato, altresì, di impianto elettrico costituito da:

- N. 3 microinterruttori a levetta per controllo apertura porta vano estintori, vano telefono e vano telecontrollo;
- N. 2 microinterruttori a levetta (uno per estintore) per controllo presenza estintore;
- Plafoniera IP65 con lampada fluorescente compatta per illuminazione vano estintori;
- Quadro elettrico entro apposita cassetta in VTR dim. 300x500x200mm IP65 contenente apparati di protezione e di comando per gestione allarme acustico e luminoso locale e per contatti d'allarme (prelievo estintore, apertura portelle) da gestire in remoto;

- Suoneria con campana in acciaio inox per impegni gravosi con alimentazione a 24V 50Hz assorbimento 0,5A dB(A)1m 102 per allarme acustico locale con possibilità di temporizzare il funzionamento da un minimo di 1 minuto ad un massimo di 10 ore;
- Lampada di segnalazione di colore rosso a luce fissa con alimentazione a 24V 50Hz 15W per allarme luminoso;
- Pulsante di reset allarmi posto sulla porta del quadro elettrico entro l'armadio SOS accessibile solamente da personale autorizzato in possesso di apposita chiave.

L'armadio dovrà avere un'interfaccia per la connessione con altri apparati comprendente n. 2 RJ45, n. 2 SC per fibra ottica multimodale o monomodale, interfaccia per configurazione locale RS232. Riconoscimento della posizione fisica dell'armadio SOS tramite indirizzo IP.

15 IMPIANTO DI RADIODIFFUSIONE SONORA E RITRASMISSIONE RADIO

15.1 GENERALITÀ

In galleria devono essere installati impianti per ritrasmissioni radio ad uso dei servizi di pronto intervento e di radiodiffusione sonora a servizio degli utenti in caso di emergenza.

In particolare deve essere previsto un impianto radio che consenta le comunicazioni agli operatori ANAS, alla Polizia di Stato tramite sistema Te.T.R.A., ai Vigili del Fuoco e ad altri operatori di soccorso e di intervento, nonché la ripetizione di alcune frequenze radio FM per trasmettere eventuali informazioni agli utenti in galleria.

I luoghi sicuri temporanei, inoltre, in cui gli utenti della galleria in fase di evacuazione sono tenuti a stazionare prima di poter raggiungere l'esterno, devono essere dotati di altoparlanti per comunicare informazioni agli utenti stessi. Il sistema di comunicazione deve consentire:

- La comunicazione agli utenti di istruzioni di comportamento attraverso messaggi preregistrati,
- La comunicazione agli utenti dalla sala di controllo o da una postazione remota di informazioni aggiuntive.

15.2 CAVO FESSURATO

Il cavo radiante 7/8" per impianto di ritrasmissione segnale radio in galleria, deve essere in grado di ridiffondere frequenze radio nell'intervallo 75-2700 MHz, con le seguenti caratteristiche minime nell'intervallo di frequenze di esercizio:

- Attenuazione di 2,5 dB/100mt;
- Coupling Loss 95% di 74 dB.

E' compreso nel prezzo il kit di ancoraggio del cavo al piedritto della galleria costituito da elemento distanziale, fissacavo, tassello in nylon e vite mordente, il tutto per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

15.3 SISTEMA DI ANTENNE

Il sistema di antenne deve essere costituito da 5 antenne ad alta direttività ed alto guadagno per segnali radio in banda UHF/VHF, ciascuna per un singolo canale, in modo che complessivamente sia possibile ricevere i seguenti canali:

- Polizia Stradale;
- Vigili del Fuoco;
- 118;
- ANAS;
- Canale radio FM 103.3

Il prezzo comprende il palo in acciaio zincato altezza 12 metri fuori terra per installazione delle antenne, zanche di fissaggio e quant'altro occorre per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte, sono escluse le opere civili a corredo.

15.4 STAZIONE RADIO BASE MODULARE "MASTER"

La Stazione Radio Base Modulare "Master" sarà contenuta in armadio Rack di dimensioni standard per impianto di ritrasmissione radio in galleria con predisposizione per servizio di telecomunicazione in standard TETRA, impostata per la gestione di n. 4 reti radio attribuiti ai servizi di Polizia Stradale, Vigili del Fuoco, Servizio Sanitario 118 ed ANAS, oltre al servizio di diffusione radiofonica FM. La stazione Master dovrà avere un funzionamento semiduplex, ritrasmetterà verso la rete territoriale di competenza quanto ricevuto dai terminali mobili in galleria e trasmetterà verso i terminali mobili in galleria (via cavo fessurato) quanto ricevuto dalla rete territoriale di competenza. In particolare la Stazione Radio "Master" sarà costituita dai seguenti componenti:

- Apparati radio duplex per VV.FF., P.S., 118 e ANAS;
- Trasmettitore radio su canale FM con predisposizione audio/break;
- Sistema di filtri branching RF per la connessione alle 5 antenne esterne con caratteristiche minime riferibili all'utenza Te.T.R.A. di attenuazione massima 15dB e isolamento verso gli altri servizi radio di almeno 50dB;
- Alimentatore 220Vca/12Vcc;
- Batteria ermetica 100Ah;
- Switch industriale.

La Stazione Radio "Master" dovrà essere predisposta per l'interfacciamento, tramite collegamento IP, al Sistema di Supervisione e Controllo locale di galleria e verso la Sala Operativa Compartimentale ANAS. E' compreso nel prezzo il Software con relativa licenza per la diagnostica, la configurazione ed il monitoraggio di tutti i parametri del sistema sia in locale che da remoto. Sono compresi nella fornitura documentazione tecnica e Dichiarazione di Conformità. S'intende, altresì, compreso nel prezzo ogni altro onere per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

15.5 STAZIONE RADIO BASE MODULARE "SLAVE"

La Stazione Radio Base Modulare "Slave" sarà contenuta in armadio Rack in acciaio inox AISI 304 o 316L di dimensioni standard per impianto di ritrasmissione radio in galleria con predisposizione per servizio di telecomunicazione in standard TETRA, impostata per la gestione di n. 4 reti radio attribuiti ai servizi di Polizia Stradale, Vigili del Fuoco, Servizio Sanitario 118 ed ANAS, oltre al servizio di diffusione radiofonica FM sulla frequenza 103,3. La stazione Slave, posizionata all'interno della galleria, avrà un funzionamento duplex, ritrasmetterà verso i terminali mobili e verso la rete territoriale esterna (via Stazione Radio Master) quanto ricevuto dai terminali stessi e ritrasmetterà quanto ricevuto dalla rete territoriale di competenza (sempre via Stazione Radio Master) ai terminali mobili. In particolare la Stazione Radio "Slave" sarà costituita dai seguenti componenti:

- Apparati radio duplex per VV.FF., P.S., 118 e ANAS;
- Trasmettitore radio su canale FM con predisposizione audio/break;
- Combinatore branching RF con caratteristiche minime riferibili all'utenza TETRA di attenuazione massima 15dB e isolamento verso gli altri servizi radio di almeno 50dB, con divisore finale larga banda a quattro vie per il collegamento al cavo fessurato;
- Alimentatore 220Vca/12Vcc;
- Batteria ermetica 100Ah;

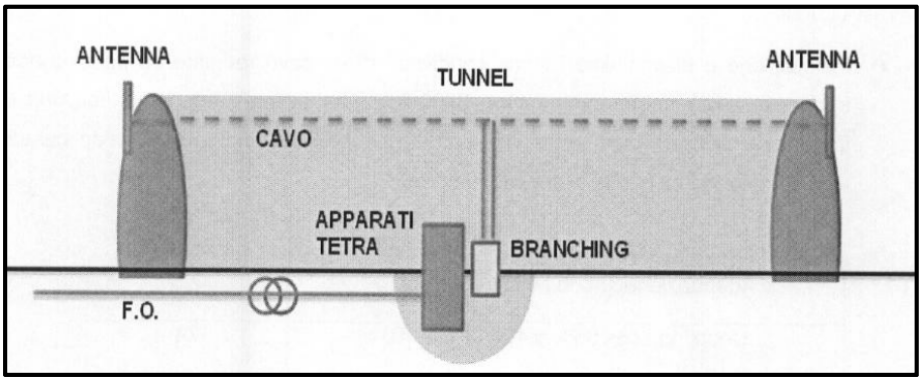
- Switch industriale.

La Stazione Radio "Slave" sarà collegata alla Stazione Radio "Master" per mezzo di cavo in fibra ottica tramite collegamento IP e nel caso di interruzione dei collegamenti con la stazione "Master" (es. rottura della fibra ottica), la stazione "Slave" si dovrà richiudere localmente per garantire almeno le comunicazioni all'interno della galleria. Sono compresi nella fornitura documentazione tecnica e Dichiarazione di Conformità. S'intende, altresì, compreso nel prezzo ogni altro onere per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

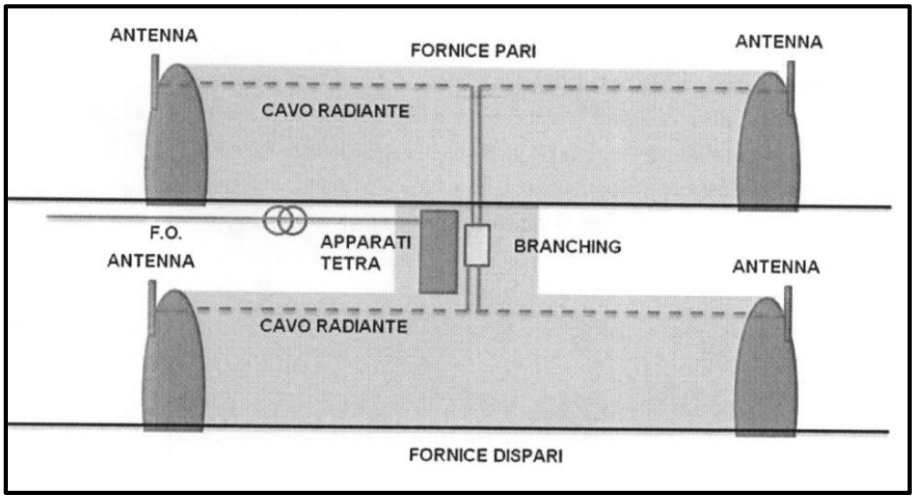
15.6 SISTEMA TETRA

Il sistema TETRA è uno standard di comunicazione a onde radio per uso professionale, con sistemi veicolari e portatili, usato principalmente dalle forze di pubblica sicurezza e militari e dai servizi di emergenza che opera nella banda di frequenze 380-400MHz. Le infrastrutture da predisporre per l'integrazione di tale sistema sugli impianti di ritrasmissione radio in galleria, non possono prescindere dalla lunghezza delle gallerie stesse. L'installazione del sistema TETRA necessita di apparati con le seguenti caratteristiche:

- Cavo radiante 7/8" in grado di ridiffondere frequenze radio nell'intervallo 75-2700MHz con attenuazione 2,5db/100mt a 450MHz e Coupling Loss 95% di 74dB a 450MHz;
- Stazione radio modulare Master avente ingresso per l'utenza TETRA;
- Stazione radio modulare Slave dotata di sistema di branching RF verso il cavo radiante avente ingresso per l'utenza TETRA con attenuazione massima di 15dB ed isolamento verso gli altri servizi radio di almeno 50dB;
- Utilizzo di fibra ottica monomodale per il collegamento tra gli apparati.



Tipologico installazione sistema TETRA per gallerie a singolo fornice



Tipologico installazione sistema TETRA per gallerie a doppio fornice

15.7 CENTRALE DI RADIODIFFUSIONE SONORA

La Centrale di Gestione e Controllo per impianto di diffusione sonora in galleria dovrà essere costituita da armadio Rack 19" a 24 unità dotato di pannello di chiusura posteriore e porta anteriore in acciaio con vetro e serratura. La centrale sarà dotata di:

- Modulo di interfaccia audio IP/SIP con alimentazione PoE;
- Matrice audio modulare master certificata EN 54-16;
- Telaio portaschede completo di bus di comunicazione per il controllo simultaneo di 16 segnali audio;
- Monitor integrato con display alfanumerico e tastiera frontale;
- Connessione IP e interfaccia VOIP;
- Modulo con 2 uscite audio sorvegliate su RJ45 per amplificatori e linee diffusori;
- Modulo per la gestione di 6 linee di altoparlanti e 2 amplificatori con funzione di back up automatico;
- Amplificatore di potenza dedicato in calsse D per sistemi di diffusione a tensione costante 100V certificato EN 54-16;

- Unità di alimentazione di emergenza 24Vdc/12A per gestione e ricarica delle batterie certificato EN 54-4;
- Batterie di alimentazione 150Ah/12V.

Il tutto compreso di accessori di completamento, cablaggio, programmazione, collaudo e certificazioni per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

15.8 DIFFUSORE A TROMBA

Il diffusore a tromba in ABS UL94V0 certificato EN 54-24 si deve installare all'interno dei by-pass ed in galleria in corrispondenza delle postazioni SOS, e sarà dotato delle seguenti caratteristiche:

- Potenza RMS 30W;
- Trasformatore per linee 100V con prese intermedie da 15-7,5-3,75W;
- Sensibilità 105dB;
- SPL Max 120dB;
- Risposta in frequenza 400/7500Hz.

L'altoparlante dovrà avere un grado di protezione IP66, colore grigio (RAL7035) e sarà dotato di morsetto in ceramica con termofusibile 152°C. Sono compresi nel prezzo tutti gli accessori necessari e le staffe di fissaggio orientabili in acciaio, il tutto per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

16 IMPIANTO DI RIVELAZIONE INCENDI

16.1 PREMESSA

Nelle gallerie stradali dotate di impianto di ventilazione meccanica deve essere previsto uno specifico impianto di rilevazione incendio del tipo a rilevazione lineare di temperatura, collocato sulla volta della galleria. Il sistema deve essere in grado oltre che a rilevare la presenza di un incendio, a determinare la posizione del focolaio in galleria.

16.2 CAVO TERMOSENSIBILE DIGITALE

Il cavo sensore di temperatura dovrà essere composto da due conduttori in acciaio aventi diametro esterno di 0,8 mm, indipendenti, e individualmente avvolti in un polimero termosensibile. I conduttori sono twistati in modo da garantire che tra di essi ci sia sempre la forza meccanica necessaria per un efficace intervento. Il rivestimento è completato da una guaina esterna

a base vinilica che migliora la stabilità meccanica, e offre resistenza ad agenti chimici ed atmosferici. Il cavo è adatto per applicazioni industriali/civili, e per installazioni interne/esterne. Al raggiungimento della temperatura, d'intervento, l'isolante dei conduttori si fonde con ritiro di materiale causando il loro cortocircuito.

Il cavo termosensibile dovrà possedere le seguenti caratteristiche tecniche:

- Temperatura di intervento 68°C;
- Max temperatura ambiente 45°C;
- Materiale conduttori in acciaio;
- Resistenza conduttori ~0,66 K/Km;
- Tensione di lavoro 42Vdc, 30Vac max;
- Materiale isolamento termosensibile;
- Guaina esterna EPC;
- Diametro cavo 3,5 – 4,5mm;
- Approvazione CEGB GDCD-187;

Completo di accessori di fissaggio, tasselli, viti, fascette, se necessario posto in opera entro tubazioni e/o canalizzazioni predisposte, completo di accessori di collegamento e connettori, terminazioni, giunzioni, attestazioni del cavo, siglature e ogni altro onere previsto e/o prevedibile, anche se non espressamente indicato, per l'installazione ed il collegamento a regola d'arte. Il cavo verrà fissato in volta oppure sulla spalla del canale metallico tramite clip di fissaggio a T.

16.3 UNITÀ DI CONTROLLO CAVO TERMOSENSIBILE DIGITALE

L'unità per il controllo di zona deve essere in grado di fornire l'allarme incendio e l'allarme di corto circuito e circuito aperto sia in zona, tramite due LED posti sul pannello frontale, sia a distanza tramite due uscite digitali. L'unità di controllo per cavo termosensibile digitale deve essere conforme alle seguenti norme:

- Norme sulla BT nel rispetto della direttiva 72/23/ECC modificata dalla 93/68/ECC con l'applicazione della norma generica sulla sicurezza elettrica EN61010-1 + A2:95;
- Norme sulla compatibilità elettromagnetica nel rispetto della direttiva 89/336/ECC modificata da 93/31/ECC, 93/68/ECC, 98/13/ECC;
- EN61000-6-3:2001 per ambienti civili (residenziali);

- EN61000-6-4: 2001 per sistemi e apparati industriali;
- EN61000-6-2: 2001 per sistemi e apparati industriali;
- Certificazione CE, UL.

L'unità di controllo, unitamente al cavo sensore, forma un sistema intelligente completamente programmabile in relazione alla ampiezza della zona e alla lunghezza del cavo digitale. Il sistema è in grado di individuare il punto interessato dal superamento della temperatura di allarme fornendo la misura della distanza in metri. L'unità di controllo deve avere le seguenti caratteristiche funzionali:

- Temperatura di allarme incendio 68°C;
- Identificazione del punto di allarme con precisione di ± 1%;
- Tempo di risposta inferiore a 30 secondi;
- Possibilità di programmare liberamente fino a 255 zone senza limiti di lunghezza minima per ogni zona.

L'unità è, inoltre, provvista di pannello operatore con schermo alfanumerico da 4 righe per 20 caratteri con le seguenti funzioni:

- Indicazione e richiamo dei valori misurati e loro controllo attraverso rappresentazione organizzata a menu sul display;
- Tastiera per inserimento dei parametri di campo, configurazione e parametrizzazione delle zone di misura;
- Visualizzazione del punto di allarme in metri e indicazione della zona interessata dall'allarme;
- Tacitazione degli allarmi;
- Prova led;
- Diagnostica con registrazione degli eventi di allarme e avaria;
- Led verde segnalazione presenza alimentazione;
- Led arancio segnalazione sistema in avaria;
- Led rosso segnalazione allarme incendio;
- Selettore a chiave per abilitazione unità di controllo.

L'unità avrà un'interfaccia di comunicazione 4-20mA proporzionale alla misura del punto di allarme, 256 segnali digitali (in combinazione binaria) per la segnalazione di guasto, interruzione del cavo termosensibile e degli allarmi di zona, RS 232/RS485 protocollo Modbus;

Il dispositivo avrà, inoltre, le seguenti caratteristiche tecniche:

- Alimentazione della centralina 230Vca 50/60 Hz;
- Assorbimento 50 W;
- Umidità da 30 a 95% senza condensa;
- Temperatura da 0 a 55 °C;
- Contenitore a rack per montaggio in armadi 19" (84TE x 4HE);
- Grado di protezione IP22;
- Dimensioni: 483x177x370 mm (LxHxP);
- Peso 10 kg.

Compresa fornitura e posa in opera e completa di accessori di fissaggio, alimentazione con cavo di formazione e sezione adeguata, tubazioni/canalizzazioni da incasso e/o staffate a vista, cassette di derivazione e di attestamento da incasso e/o a vista, manuali operativi, schemi e ogni altro onere previsto e/o prevedibile, anche se non espressamente indicato, necessario per dare il dispositivo in opera e funzionante a perfetta regola d'arte.

16.4 CAVO SENSORE IN FIBRA OTTICA

Il cavo deve avere un'attenuazione minore di 3,5 dB/km per una lunghezza d'onda di 850 nm. Il rivestimento esterno deve essere in materiale ritardante la fiamma, a bassa emissione di fumi privo di materiali alogenati "halogen free" (Certificazioni ASTM D-2863, BS 6425, NES 713). Il materiale gelatinoso interposto tra il rivestimento e la fibra stessa, deve conferire al cavo una particolare flessibilità e rendere ininfluenti eventuali stiramenti longitudinali, mantenendo una bassa massa termica per una immediata risposta alla variazione di temperatura. Il cavo in fibra avrà le seguenti caratteristiche tecniche:

- Diametro del cavo 4 mm;
- Peso massimo 15 gr/m;
- n. 2 fibre ottiche multimodo 62,5/125 micron;
- Campo di temperatura esercizio –30°C a +70°C;
- Limite di infiammabilità 270 °C (Certificazioni NES 715);
- Resistenza alla trazione 100 N (Certificazioni IEC 794-1 E1, E3, E4, E7);
- Raggio minimo di curvatura 50 mm (Certificazioni IEC 794-1 E6, E11);
- Periodo di vita maggiore di 30 anni.

Il cavo dovrà essere completamente immune dalle seguenti condizioni ambientali:

- Interferenze elettromagnetiche;
- Umidità;
- Sostanze chimiche corrosive e gas esausti corrosivi;
- Polvere e sporcizia;
- Influenze atmosferiche e radiazioni solari;
- Illuminazione;
- Variazione della temperatura ambientale;
- Basse temperature agli ingressi delle gallerie;
- Radioattività;
- Può essere utilizzata in ambienti Eex-d;
- Elevate compressioni.

Compresa la fornitura, la posa in opera e completo di accessori di fissaggio, tasselli, viti, fascette ,clip di fissaggio a T, se necessario posto in opera entro tubazioni e/o canalizzazioni predisposte, completo di accessori di collegamento e connettori, terminazioni, giunzioni, attestazione della fibra ottica con rilascio della relativa certificazione da parte di personale qualificato, siglature e ogni altro onere previsto e/o prevedibile, anche se non espressamente indicato, per l'installazione ed il collegamento a regola d'arte.

16.5 UNITÀ DI CONTROLLO PER CAVO SENSORE IN FIBRA OTTICA

L'unità di controllo sarà in tecnologia OTDR e laser in classe 3A (alta sicurezza, non dannoso per gli occhi) in accordo con EN 60825-1:2001, con configurazione della fibra ottica per come segue:

- Configurazione ad anello aperto;
- Configurazione ad anello chiuso.

Il dispositivo dovrà avere le seguenti caratteristiche tecniche:

- Tempo massimo di risposta di 30 secondi sulla lunghezza totale della fibra;
- Precisione di lettura ± 1,25 m;
- Ampiezza della banda di allarme ± 2°C;
- Alimentazione 24 V dc (-6 / +12 V dc), 25 W max;
- Umidità: 0 a 95% RH (non condensato);
- Campo di temperatura di esercizio 0 °C a +40 °C.

L'unità di controllo dovrà avere le seguenti funzioni principali:

- Unità di controllo programmabile in relazione alla ampiezza della zona ed alla soglia di allarme;
- Visualizzazione in tempo reale su PC locale e remoto del tracciato interattivo della temperatura in funzione della posizione e del tempo lungo tutta la linea di rilevazione (profilo termico);
- Reazione ad una variazione termica anche a temperature molto basse – 30 °C con sensibilità ± 2 °C;
- Indicazione dello stato delle singole zone;
- Possibilità di modificare successivamente i parametri di allarme;
- Numero di zone programmabili: 100 zone senza limiti di lunghezza minima per ogni zona;
- Estensione dell'incendio;
- Direzioni di propagazione dell'incendio.

Programmabilità delle soglie di allarme:

- Per temperatura massima liberamente programmabile;
- Per gradiente di temperatura (incremento della temperatura nell'unità di tempo) liberamente programmabile;
- Aumento della temperatura di zona rispetto al valore medio;
- Per associazione di zone;
- Allarmi multipli.

La centrale sarà provvista di software in ambiente Windows per il controllo, la configurazione, e l'interfacciamento con il sistema di supervisione locale, e la gestione in remoto.

Interfacce:

- 30 relé programmabili liberamente;
- 2 relé per indicazione di guasti e rottura;
- 1 uscita seriale RS 232 con protocollo MODBUS per gestione da PLC;
- 1 uscita seriale RS 232 con protocollo in chiaro per gestione da PC.

La centrale sarà provvista delle necessarie certificazioni previste per legge ed del marchio CE, ovvero:

- Compatibilità elettromagnetica (EMC), Immunità: in accordo con BS EN 50082-1,
- Emissioni in accordo con BS EN 50081-1.

Compresa la fornitura e la posa in opera e completa di accessori di fissaggio, alimentazione con cavo di formazione e sezione adeguata, tubazioni/canalizzazioni da incasso e/o staffate a vista, cassette di derivazione e di attestamento da incasso e/o a vista, manuali operativi, schemi e ogni altro onere previsto e/o prevedibile, anche se non espressamente indicato, necessario per dare il dispositivo in opera e funzionante a perfetta regola d'arte.

17 IMPIANTO DI RILEVAMENTO TRAFFICO

17.1 PREMESSA

L'impianto di rilevamento traffico è costituito da sistemi che devono integrarsi con l'impianto di ventilazione al fine di gestirne il corretto funzionamento sia in modalità sanitaria che di emergenza.

I radar (Radio Detection And Ranging) a microonde sono dei sensori da posizionare centralmente sopra la corsia da monitorare che utilizzano una lunghezza d'onda dell'energia trasmessa compresa tra 1 e 30 cm, a cui corrisponde un intervallo di frequenza da 1 a 30 GHz (quelli impiegati nel monitoraggio del traffico operano a intervalli di frequenza prossimi a 10.5, 24.0 e 34.0 GHz). Quando un veicolo attraversa il raggio di energia trasmessa dal radar una parte di questa viene riflessa verso l'antenna del sensore permettendo il rilevamento del veicolo.

17.2 SENSORE TRAFFICO RADAR

Il sensore potrà essere utilizzato sia per la realizzazione di sistemi di raccolta dati a fini statistici, sia per la realizzazione di sistemi di monitoraggio che di gestione del traffico in tempo reale. Il sensore dovrà inoltre misurare il tempo di occupazione della corsia, determinando la presenza di eventuali veicoli fermi, fornendo anche informazioni sulle condizioni di flusso, distinguendolo tra normale, rallentato o fermo. Il sensore dovrà essere collegato ad una centralina polifunzionale (da pagare a parte con la relativa voce di elenco) tramite cavi compositi, per la trasmissione dei dati e per fornire l'alimentazione ai sensori. Il dispositivo dovrà avere le seguenti caratteristiche tecniche:

- Dati rilevati, corsia, direzione, velocità, lunghezza, tempo di occupazione, gap, headway, Categoria veicolo, (8+1 classi), stato traffico (normale, rallentato o fermo);
- Altezza di fissaggio, da 5,50 a 8,00 m, in asse alla corsia;
- Connettori a vite, standard, MIL/2, connettori circolari N12;
- Funzionamento, da -40°C a +80°C;
- Alimentazione, 9-24Vdc ± 10%, consumo elettrico non superiore a 1,1W;
- Alloggiamento, ABS resistente ai raggi UV, grado di protezione IP66, fissaggio e tettuccio in acciaio INOX;

Comprensivo di vari accessori di fissaggio ed elementi di bloccaggio, algoritmo HIOCC e HIOCC II.

17.3 CONCENTRATORE CON CAPACITÀ DI ANALISI TRAFFICO

Gli apparati di analisi e registrazione dovranno utilizzare schede standard e dotati di sistema operativo preinstallato su memoria solida DOM (Disk On Module). Per la parte di registrazione dovranno avere a disposizione Hard Disk da 2000 GB. Dovranno essere accessoriati di Interfaccia di rete IEEE 802.3 10/100/1000 Mbit/s, con chiave interna di protezione Smart Key. Tali apparati analizzeranno il segnale non compresso per l'analisi del traffico e fumo. Solo successivamente il segnale potrà essere compresso in formato Mpeg 4 standard. Ciascun apparato, deve utilizzare schede standard, sarà pertanto dotato di:

- 8 ingressi video analogici;
- Memoria solida DOM;
- Sistema operativo linux embeddedd;

- n. 2 hard disk da 2000 GB;
- Protocolli di comunicazione aperti;
- Interfaccia di rete IEEE 802.3 10/100 Mbit/s;
- Chiave interna di protezione Smart Key.

Gli apparati realizzeranno le seguenti funzioni (simultaneamente e per ciascun canale):

- Digitalizzano i segnali video analogici;
- Analizzano il traffico in galleria utilizzando;
- Analizzano la presenza di fumo in galleria;
- Comprimono i segnali video con codifica MPEG4 standard;
- Registrano i segnali video;
- Trasmettono i segnali video su rete IP.

L'analisi del traffico e fumo tramite elaborazione video deve prevedere l'avviso agli operatori del centro nel caso si verificassero i seguenti eventi:

- Veicolo fermo in carreggiata;
- Contromano;
- Presenza fumo.

Il sistema deve analizzare anche le condizioni di traffico, rilevando:

- Coda;
- Traffico rallentato.

Infine il sistema deve fornire funzioni statistiche, quali:

- Conteggio veicoli;
- Stima velocità.

Il sistema di analisi video non dovrà essere basato su tecniche di object tracking, ritenute poco affidabili in casi di traffico congestionato. Compresa la fornitura, la posa in opera e ogni altro onere previsto e/o prevedibile, anche se non espressamente indicato, necessario per dare il dispositivo in opera e funzionante a perfetta regola d'arte.

17.4 SOFTWARE PER IL CONCENTRATORE

Da installare su ogni telecamera, al fine di consentire l'individuazione di:

- Coda;
- Incidente;
- Fermo veicolo;
- Occupazione corsia;
- Traffico rallentato;
- Velocità media;
- Presenza fumo;
- Registrare le immagini video, con modalità ring buffer e allarm buffer.

Compresa la fornitura, la posa in opera e ogni altro onere previsto e/o prevedibile, anche se non espressamente indicato, necessario per dare il dispositivo in opera e funzionante a perfetta regola d'arte.

18 IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA

18.1 PREMESSA

L'installazione di un impianto di sorveglianza mediante telecamere per ogni senso di marcia deve essere valutata caso per caso. Un impianto di sorveglianza deve essere previsto quando la lunghezza della galleria è maggiore di 3000m ovvero per tutte le gallerie dotate di un centro di controllo presidiato. L'impianto di sorveglianza deve essere connesso con una sala di controllo presidiata. Le telecamere devono essere installate in modo da consentire:

- Il controllo della situazione del traffico all'interno della galleria;
- Il controllo delle piazzole di sosta/emergenza e degli armadietti SOS.

L'installazione di un impianto di rilevazione automatico degli incidenti ovvero dell'instaurazione di condizioni di traffico anomale deve essere valutata caso per caso. Un impianto di rilevazione automatico degli incidenti stradali deve essere previsto quando la lunghezza della galleria è maggiore di 3000m ovvero per tutte le gallerie dotate di un centro di controllo. Gli impianti del sottosistema di sorveglianza e rilevazione devono essere interfacciati tramite il sistema di controllo e gestione della galleria con gli altri sistemi di sicurezza in essa installati. Gli impianti del

sottosistema di sorveglianza e rilevazione devono essere collegati alla alimentazione elettrica di sicurezza.

18.2 TELECAMERA FISSA FULL HD

La telecamera di che trattasi è dei tipo fissa Full HD con analisi DAI a bordo, dotata di sensore megapixel Progressive Scan, che supporta le funzionalità delle ottiche sia DC-iris che P-iris, equipaggiata con funzione di messa a fuoco da remoto, con funzionalità per le riprese diurne e notturne in grado di produrre immagini con livelli di illuminazione minimi di 0,4 lux durante le ore diurne e di 0,06 lux durante quelle notturne. La telecamera dovrà: avere un'ampia gamma dinamica fino a 120dB nel range da 0,4 a 400.000 lux, essere predisposta per il caricamento di algoritmi AID di Controllo Taffico, disporre di una porta Ethernet 10BASE-T/100BASE-TX, supportare la modalità di alimentazione Power over Ethernet (PoE) conformemente allo standard IEEE 802.3af e allo standard IEEE 802.3at, essere in grado di trasmettere contemporaneamente flussi video Motion JPEG e H.264, supportare almeno due flussi video configurabili singolarmente con risoluzioni HDTV 720p (1280x720) a 30 fotogrammi al secondo in formato H.264. Tramite supporto H.264 dovrà garantire le funzionalità unicast e multicast, nonché la trasmissione di immagini a velocità fissa (CBR) e variabile (VBR), essere dotata di una memoria video per il salvataggio delle immagini pre e post allarme e dovrà disporre di uno slot per le schede SD/SDHC (incluse nella fornitura) utilizzabile per ampliare la memoria video locale o per lo storage in locale delle registrazioni, avere la possibilità di eseguire la regolazione posteriore a distanza della messa a fuoco dall'interfaccia web. La telecamera deve disporre, inoltre, di un server Web incorporato per creare video ed effettuare operazioni di configurazione tramite un browser Web standard che supporti HTTP, inoltre dovrà supportare API aperte e pubblicate utilizzabili per l'integrazione di applicazioni di terze parti, essere equipaggiata con una piattaforma che permette il caricamento di applicazioni di analisi Video CITILOG di terze parti per rilevamento di veicolo fermo in condizioni di traffico fluido. Il sistema deve poter analizzare il movimento dei veicoli fino ad una distanza di 250 metri in itinere e 140 metri in galleria rettilinea e dovrà essere in grado di svolgere le seguenti funzioni: - veicolo fermo in condizioni di traffico congestionato (tale funzionalità dovrà permettere di differenziare i veicoli fermi temporaneamente per una congestione del traffico da quelli fermi a causa di un incidente), - traffico congestionato e veicoli lenti (il sistema deve generare un allarme quando la velocità di un veicolo scende al di sotto di una determinata soglia), - rilevamento del movimento dei pedoni lungo il ciglio della sede stradale, - veicolo in movimento nel senso contrario di marcia, - rilevamento fumi o riduzione visibilità, - presenza di detriti sulla sede stradale. La telecamera deve possedere una custodia in metallo per ambienti esterni di classe IP66, a prova di atti vandalici e per un suo utilizzo a temperature comprese tra -40° e +50°C anche se alimentata tramite Power over Ethernet. Nel caso di operatività a temperature eccezionalmente basse, la telecamera dovrà essere munita di un modulo di preriscaldamento atto a garantirne lo "start-up", anche a

seguito di un'interruzione prolungata di corrente, essere conforme allo standard per il video di rete come definito dall'organizzazione ONVIF. La telecamera sarà interfacciata con il Sistema Aziendale RMT con i relativi allarmi sopra indicati. Nel prezzo sono inclusi staffa di supporto, collare a palo, alimentatore ed ogni altro onere previsto e/o prevedibile, anche se non espressamente indicato, necessario per dare il dispositivo in opera e funzionante a perfetta regola d'arte.

18.3 LICENZA SOFTWARE AID

Da installare in telecamera fissa Full HD con analisi DAI a bordo con le seguenti funzionalità di riconoscimento:

- Veicolo fermo in condizioni di traffico fluido. Il sistema deve poter analizzare il movimento dei veicoli fino ad una distanza di 250 metri in itinere e 140 metri in galleria rettilinea;
- Veicolo fermo in condizioni di traffico congestionato. Tale funzionalità dovrà permettere di differenziare i veicoli fermi temporaneamente per una congestione del traffico da quelli fermi a causa di un incidente. A questo proposito il sistema dovrà generare un allarme dopo un periodo di stazionarietà del veicolo più lungo;
- Traffico congestionato. Il sistema dovrà modificare in automatico la configurazione modificando il parametro che regola il tempo di arresto del veicolo prima dell'allerta;
- Veicoli lenti. Il sistema deve generare un allarme quando la velocità di un veicolo scende al di sotto di una determinata soglia;
- Pedoni. Rilevamento del movimento dei pedoni lungo il ciglio della sede stradale;
- Veicolo in movimento contrario di marcia;
- Rilevamento fumi o riduzione di visibilità;
- Presenza di detriti sulla sede stradale.

18.4 SERVER AID

Personal Computer in chassis idoneo ad essere installato in un rack 19". Il server deve supportare un sistema operativo Windows, utilizzare interfacce user-friendly e deve essere in grado sia di inviare i dati ad una o più workstation di gestione, sia ricevere dati dalle stesse workstation di gestione e dagli apparati di analisi dei flussi video (da questi ultimi, ad esempio, le sequenze video relative ad un evento devono essere scaricate automaticamente sul server di comunicazione). Sul server deve essere installato e configurato idoneo software applicativo. Il server deve interfacciarsi con il sistema Aziendale RMT.

18.5 PIATTAFORMA VMS

Piattaforma VMS in grado di gestire fino a 50 telecamere, dotata di software client/server enterprise-class per un sistema di gestione a matrice video virtuale. Il sistema VMS permette la gestione degli utenti, delle priorità e degli allarmi, monitor indipendenti per postazione operatore, mappe grafiche, monitoring degli apparati e della configurazione del sistema. La piattaforma VMS, inoltre, dovrà supportare la registrazione su dispositivi NVR.

19 IMPIANTO DI MONITORAGGIO TRAFFICO E AMBIENTALE

19.1 PREMESSA

Per monitoraggio traffico e ambientale, s'intende l'insieme di tutti quei sistemi per l'identificazione delle targhe relative alle merci pericolose nonché il rilevamento in itinere delle condizioni meteorologiche.

19.2 TELECAMERE KEMLER

La telecamera di che trattasi è un dispositivo utilizzato per la lettura di targhe Kemler compatibile con centralina/modulo integrativo Mroad/Mtraf/Mtrack, dotata di illuminatore IR integrato, interfaccia Ethernet, alimentazione a 24Vdc, alloggiamento IP66 e fissaggio per palo. La telecamera sarà interfacciata con il Sistema Aziendale RMT. Nel prezzo è incluso ogni altro onere previsto e/o prevedibile, anche se non espressamente indicato, necessario per dare il dispositivo in opera e funzionante a perfetta regola d'arte.

19.3 SENSORE DISDROMETRO

Tale sensore viene utilizzato per il rilevamento contemporaneo delle condizioni meteorologiche ovvero la tipologia ed il livello di precipitazione nevosa e/o piovosa e la stima della distanza visiva. Il sensore dovrà essere capace di discriminare tra le precipitazioni di carattere nevoso, piovoso, misto e di grandine, nonché di individuare diverse classi di intensità. Dovrà essere dotato di doppio ricevitore al fine di garantire una migliore precisione. Il sensore dovrà avere le seguenti caratteristiche tecniche:

- Trasduttore a barriera ottica laser in classe 1;
- Colore rosso;

- Campo ottico 200 mm x 50 mm.

I parametri di rilevamento sono:

- Precipitazione: nessuna, pioggia, neve, nevischio, grandine, forme miste;
- Intensità: classe oppure valore equivalente in mm/ora;
- Distanza visiva: 0-600 m;
- Present weather: codifica standard WMO 4680;
- Alimentazione: 10-24Vdc, consumo non superiore ai 0,5W;
- Riscaldamento: compreso, 24 Vdc/ac max 12 W;
- Custodia in alluminio con grado di protezione IP66.

19.4 SENSORE UMIDITÀ E TEMPERATURA DELL'ARIA

Opportunamente schermato a mezzo di una custodia in policarbonato costituita da vari dischi concentrici sovrapposti, di colore bianco e di materiale resistente ai raggi ultravioletti per consentire la ventilazione naturale del sensore e la protezione dalla radiazione solare e dalle intemperie.

Il sensore di umidità deve avere le seguenti caratteristiche tecniche:

- Campo di misura: umidità relativa 0-100%;
- Temperatura da -50°C a +100°C;
- Sensore di umidità: precisione ± 0,8%;
- Ripetibilità ± 0,02%;
- Deriva max ± 1% all'anno;

Il sensore di temperatura, invece, avrà le seguenti caratteristiche:

- Pt100;
- 1/3 classe;
- Precisione ± 0,1°C;
- Ripetibilità ± 0,01°C;

- Alimentazione: 3,3-24Vdc.

19.5 SENSORE ANEMOMETRO

Il sensore sarà del tipo con girante a coppe solidali con il corpo dello strumento. Il corpo dello strumento dovrà essere costruito in lega di alluminio anodizzata e verniciato a forno, mentre gli assi di rotazione dovranno scorrere su cuscinetti di precisione in acciaio inox a basso attrito. Il sensore dovrà essere predisposto per il collegamento alla centralina polifunzionale, utilizzando gli ingressi analogici. Lo strumento deve avere le seguenti caratteristiche tecniche:

- Trasduttore con anemometro a coppe;
- Velocità del vento da 0,7 a 50 m/s, precisione ± 2%, risoluzione <0,02 m/s;
- Alimentazione da 10 a 24 Vdc;
- Consumo max 0,05W;
- Diametro 95 mm, altezza 230 mm, peso 0,25 kg;
- Riscaldamento compreso;
- Funzionamento da -30°C a +70°C, umidità 0 -100%.

19.6 PALO PER SOSTEGNO SENSORI METEO

Il palo sarà dotato di con supporto in acciaio zincato a caldo per il fissaggio su plinto (da pagarsi a parte) con asta in alluminio anodizzato. Il palo dovrà essere fornito completo delle aste per il sostegno dei sensori meteo. Il meccanismo di ribaltamento dovrà essere controllato da una molla a gas che garantisce una discesa controllata del palo in tutti i momento della fase di ribaltamento. Il fissaggio a fine corsa dovrà essere garantito da un apposito perno dotato di lucchetto di bloccaggio. Tutti i cavi di collegamento dei sensori dovranno transitare all'interno dei sostegni tubolari dei sensori, anch'essi realizzati in alluminio anodizzato e quindi all'interno del palo stesso. Tutte le estremità del palo e dei sostegni dovranno essere protette dalla penetrazione dell'acqua tramite un apposito tappo removibile per le ispezioni. Il palo avrà le seguenti caratteristiche tecniche:

- Piedistallo realizzato in acciaio zincato a caldo, con foratura per il fissaggio su plinto, completo dei meccanismi di ribaltamento e bloccaggio di sicurezza;
- Asta principale realizzata in alluminio anodizzato diametro 80 mm, lunghezza 4 m;

- Aste per il sostegno dei sensori realizzate in alluminio anodizzato diametro 80 mm, lunghezza dimensionata in funzione del sensore, fornite complete di raccordi

20 SISTEMA WI-FI

20.1 GENERALITÀ

Il sistema Wi-Fi verrà realizzato tramite una rete wireless a standard 802.11b/g/n, per client standard ("off the shelf", senza modifiche hardware e/o software) in grado di supportare connessioni affidabili da client in movimento a velocità autostradali. E', inoltre, previsto l'utilizzo di protocolli 802.11r, relativo alla sicurezza di connessione e 802.11p, richiesto per connesione V2V (vehicle to vehicle). Gli apparati necessari all'attivazione della rete Wi-Fi sono finalizzati all'erogazione di servizi sia verso gli utenti sia verso gli operatori Anas. La soluzione supporta la tecnologia VoIP per client standard (smartphone, tablet, laptop, etc.) in movimento a velocità autostradali ed oltre per l'erogazione di servizi real-time quali SOS On-Board, infomobilità, non sono previsti modifiche al firmware dei vari client, né apparati specifici aggiuntivi. La piattaforma offerta ed, in particolare, i nodi di accesso alla rete Wireless (Access Point), supporta l'installazione di applicazioni custom, sviluppati da Anas o da altri fornitori. Requisiti essenziali, quindi, sono le performance e la capacità di calcolo dei nodi di rete wireless, l'eventuale espandibilità e flessibilità nello storage e nelle interfacce. Nella fornitura sono compresi tutti gli apparati necessari sia per la creazione della rete Wi-Fi di comunicazione sia per il collegamento ai punti di accesso alla rete fisica ANAS presenti sulla rete stradale, con relativa alimentazione. I nodi sono costituiti almeno da un apparato con funzioni di Access Point con scheda radio e scheda Gigabit Ethernet e, ove necessario, da uno o più apparati per il collegamento radio verso i nodi adiacenti, se non presente connettività via cavo. Gli apparati di Accesso sono costituiti da una mainboard principale dotata di schede radio. Tali apparati sono dotati di antenne bidirezionali nelle frequenze dei 2.4Ghz e 5/5.9Ghz già integrate all'interno del case per un'installazione semplificata nelle tipiche tratte stradali ed autostradali. L'antenna standard ha una struttura esterna "a bandiera" con possibilità di fissaggio con kit staffe a palo. L'infrastruttura di rete prevista richiede la realizzazione di un sistema centrale di elaborazione basato su server dedicati in grado di svolgere le seguenti funzionalità di base:

- Gateway IP-Controller di rete Wireless, costituisce il punto di unione tra la rete esistente e la rete WiFi ed è il nodo attraverso cui implementare politiche di instradamento, sicurezza, caching (proxy), mascheramento indirizzi (NAT) e raccogliere le informazioni di localizzazione dei client sulla tratta di rete servita. E' inoltre utilizzabile per segmentare opportunamente la rete IP Wi-Fi;

- Server di Localizzazione, ha il compito di raccogliere le informazioni relative al segnale dei singoli client rispetto ai singoli nodi di rete attraverso i dispositivi Gateway e restituire le informazioni di localizzazione dei client stessi rispetto al segmento di rete stradale servito;
- Provisioning Server, è il sistema che fornisce dinamicamente le configurazioni ai nodi di rete wireless, piattaforma amministrativa per le attività di O&M (Operation and Maintenance);
- Network Management, piattaforma di monitoraggio, analisi e reporting del sistema.

I server vengono eseguiti in un ambiente di virtualizzazione sotto forma di Virtual Machine. L'ambiente di virtualizzazione deve essere basato su un'architettura costituita da almeno 2 server fisici con capacità di load balancing e ridondanza. La piattaforma di virtualizzazione deve consentire la migrazione "live" delle macchine virtuali per consentire la massima disponibilità dei servizi durante le operazioni di O&M. A corredo del sistema è prevista una piattaforma di Storage Area Network su protocollo I-SCSI per la condivisione dei dischi virtuali e un Network Attache Storage per funzioni di back-up.

20.2 NODO DI RETE PER SISTEMA WI-FI

Nodo di rete Wi-fi per la realizzazione di una rete wireless in standard 802.11b/g/n in grado di supportare connessioni affidabili da client in movimento a velocità autostradali. Tale nodo deve essere, inoltre, in grado di supportare i protocolli 802.11r per la sicurezza di connessione e 802.11p per connessioni V2V. Il nodo deve essere costituito da un apparato con funzioni di Access Point con scheda radio e scheda Gigabit Ethernet e, ove necessario, da tutti gli apparati per il collegamento radio verso i nodi adiacenti, qualora non fosse presente connettività via cavo. Il nodo di rete è dotato di antenne bidirezionali nelle frequenze 2.4Ghz e 5/5.9Ghz già integrate all'interno del case. Il nodo di rete dovrà avere le seguenti caratteristiche tecniche:

- CPU >=1 GHz, preferibilmente multi-core multi-thread con architettura a 64 bit;
- DRAM >= 2 GB;
- Storage m-SATA SSD, field upgradable, SD card reader;
- Connettività 2 Gigabit Ethernet (con support PXE), 1 DB9 serial port (console) per diagnostica e test sul campo, USB per integrazione interfacce esterne, possibilità di supporto 3G;
- Supporto di 2 schede radio contemporanee per la realizzazione di bolle di copertura per i client;

- Antenna bidirezionale a doppia polarizzazione integrata per tecnologia 2.4 Ghz con guadagno >= di 8 dBi;
- Antenna bidirezionale doppia polarizzazione integrata per tecnologia 5/5.9 Ghz con guadagno previsto >= di 8 dBi;
- Fasci di radiazione compresi tra i 50° - 65° nel piano orizzontale e 20° - 30° nel piano verticale;
- Sensitivity a 9 m/bit Rate (802.11g) >= -93 db +/- 2;
- Supporto per lo standard IEEE 802.11a/b/g/n (2.4/5GHz);
- Alimentazione via Passive Power over Ethernet (POE) da 12V;
- Temperatura d'esercizio compresa nel range -20ºC / + 55ºC.
- Consumo medio inferiore a 20W.

Il dispositivo deve essere fornito completo di custodia da esterno con grado di protezione almeno pari a IP65, staffe per il montaggio su palo e connettori RJ45 con grado di protezione almeno pari a IP65. Nel prezzo è inclusa la licenza software da installare su ogni punto di accesso ed ogni altro onere previsto e/o prevedibile, anche se non espressamente indicato, necessario per dare il dispositivo in opera e funzionante a perfetta regola d'arte.

20.3 PIATTAFORMA HARDWARE/SOFTWARE PER SISTEMA WI-FI

Piattaforma hardware/software per gestione sistema Wi-Fi, dotato delle seguenti caratteristiche tecniche:

- n. 2 server per installazione in armadio rack (incluso), bi-processore di tipo Intel Xeon E5-2650 v3 Deca core o AMD equivalente o superiore;
- RAM ≥ 64 GB;
- n. 2 porte di rete Gigabit Ethernet;
- n. 2 porte di rete Ten Gigabit Ethernet;
- Controller RAID con supporto minimo di RAID level 0, 1, 5, 6 e dischi in tecnologia SAS e SATA;
- Hard disk Array in tecnologia SSD da 1 Terabyte o con capacità superiori;
- Hard disk da 2 TB minimo;

- n. 1 apparato Storage equipaggiato con un minimo di 4 dischi SSD da 500GB ciascuno, in configurazione raid5 più hot spare, con supporto per protocollo i-SCSI, 3 porte Gb ethernet;
- n. 1 apparato NAS 4TB porte Gb ethernet/USB 3.0;
- Switch managed da 8 porte 10GBASE-T rame + 2 porte in fibra ottica SFP+ 1000/10GBASE-X.

Sulla piattaforma deve essere installato e configurato idoneo software applicativo. La piattaforma deve interfacciarsi con il sistema Aziendale RMT. Nel prezzo è compreso ogni altro onere previsto e/o prevedibile, anche se non espressamente indicato, per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

21 IMPIANTO DI TRASMISSIONE DATI E SUPERVISIONE

21.1 GENERALITÀ

Il centro di controllo è il punto di raccolta di tutte le informazioni provenienti dagli impianti di galleria e dalle strutture di superficie dell'asse viario. Le principali categorie di trasmissione riportate al centro di controllo sono:

- Dati: dai supervisori di galleria e dalle utenze di superficie;
- Video: dalle unità TVCC di galleria e dalle telecamere in asse viario;
- Fonia: dalle colonnine SOS;
- Radio: dai sistemi UHF/GSM.

Il centro di controllo prevede i seguenti componenti:

- Rete di dorsale;
- PLC di superficie;
- Sala server;
- Server di acquisizione ed elaborazione dati / immagini / fonia / radio;
- Sistema di controllo delle fonti di continuità;
- UPS;
- Sistema di raffreddamento;
- Sala operativa;
- Rete centro di controllo;

- Videowall;
- Postazioni operatore.

21.2 RETE DI COMUNICAZIONE

Quanto detto a proposto della rete di galleria in termini di sicurezza delle comunicazioni è ovviamente del tutto valido anche per la rete di tratta. In questo caso, l'interruzione delle rete non degrada il livello del controllo automatico nelle gallerie, ma fa venir meno la funzione di sorveglianza umana e conseguentemente le possibilità di intervento e di gestione degli eventi. Questo non è meno grave, anche se il controllo di galleria è in grado di mantenere, in modo autonomo, la corretta gestione delle condizioni di normalità, e di gestire le prime sequenze di messa in sicurezza in caso di incidente e/o incendio. E' anche da notare che, a differenza delle gallerie, in cui, come detto, il guasto in un punto della rete di comunicazione è più che un'eventualità, il guasto sulla rete di tratta è molto meno probabile. Infatti, il cavo della rete di tratta corre protetto in tutto il suo sviluppo, ed in particolare nelle aree di galleria. Gli accoppiamenti fra la dorsale di tratta e le reti di galleria hanno luogo nelle cabine, che possiamo considerare aree protette. La rete di tratta sarà un doppio anello. La velocità di comunicazione sarà nell'ordine dei Gb/sec. Le apparecchiature di rete dovranno sempre fornire immediata segnalazione dello stato della rete e della condizione di funzionamento eventualmente degradata. Le comunicazioni video, voce e dati saranno sempre separate su reti dedicate. La rete di tratta dovrà essere posata in percorsi protetti per tutta la lunghezza, specialmente in galleria. Il mezzo trasmissivo è la fibra ottica, che, date le distanze, sarà di tipo monomodale 9/125. La lunghezza delle singole tratte determinerà le caratteristiche delle porte ottiche sui dispositivi dei nodi principali. Il cavo utilizzato deve garantire tutte le caratteristiche di isolamento all'umidità, resistenza alla tensione di posa, protezione meccanica antiroditore, resistenza alla fiamma e al calore, in accordo con le normative e i requisiti ambientali in galleria e in superficie. Lungo l'asse viario sono consentite derivazioni Ethernet punto-punto per il collegamento dei pannelli PVM, delle colonnine SOS e delle telecamere digitali. Il protocollo di comunicazione sarà modbus TCP/IP o RTU in configurazione bus/seriale.

21.3 NODI DI TRATTA

Il nodo di tratta è il punto di connessione alla rete di tratta. L'apparato caratterizzante del nodo è costituito da un cassetto ottico e da uno switch di tipo industriale, dotato di interfaccia ottica all'anello e porte di collegamento dei dispositivi di automazione, quali PLC, isole I/O intelligenti o remote, sistemi Modbus TCP/IP, ma in particolare per l'accoppiamento alle reti di galleria. Le reti di tratta e di galleria sono accoppiate in modo diretto. In questo modo tutte le unità di automazione o i sottosistemi, collegati alla rete in protocollo Modbus TCP/IP, sono accessibili

sia dalla sala operativa dal centro di controllo, sia da strutture di assistenza remota, per diagnosi, impostazione, configurazione. Non è accettata l'interposizione di PLC o postazioni SCADA, che ridurrebbero la visibilità delle unità collegate alla rete alla sola immagine dei dati scambiati. I nodi possono essere:

- Nel locale tecnico della cabina principale;
- In quadri di piazzale, svincolo, casello;
- In prossimità di colonnine SOS o di PMV.

Le apparecchiature caratteristiche del nodo di galleria sono:

- Cassetto ottico per attestazione delle fibre della rete;
- Switch per singolo o doppio anello e relativo alimentatore (uno per ogni rete dati, video, voce);
- Bretelle ottiche da cassetto a switch;
- Bretelle UTP cat. 6 da switch ad apparecchiature di controllo;
- PLC o RIO da connettere allo switch dati.

Al nodo di galleria fanno capo servizi dati, video e voce, serviti però da apparecchiature attive ben distinte e collegate a cavi in fibra ottica separate, oppure derivate dallo stesso cavo.

21.4 PLC PER GALLERIE A SINGOLO/DOPPIO FORNICE DI LUNGHEZZA COMPRESA TRA 500 E 1000 METRI

Il PLC "Master" è destinato all'acquisizione dei segnali di stato, misura ed allarme relativi alle utenze di cabina e di galleria predisposto per switch rame/fibra con gestione ad anello; le utenze di cabina sono collegate tra loro tramite rete Ethernet (TCP/IP) in rame, mentre quelle di galleria sono interconnesse tramite fibra ottica con tipologia ad anello. La configurazione Hardware del PLC è la seguente:

- N. 3 porte ethernet interfacciate con nodo concentratore di cabina (switch ethernet), rete di cabina e PLC slave in back-up;
- N. 2 porte seriali RS232 e RS485 configurabili, la prima con connessione a morsetti e la seconda con connessione D-SUB;
- Protocollo MODBUS RTU;
- Memoria di programma 1000 KB;
- N. 2 moduli di comunicazione;
- N. 210 Digital Input;

- N. 64 Digital Output;
- N. 16 Analogic Input;
- N. 16 Analogic Output.

Il tutto comprensivo di carpenteria in acciaio inox AISI 304 o in lamiera di alluminio verniciata, cablaggio, attestazione cavi di segnalazione e comando, schema elettrico, configurazione software per la gestione ed il controllo di tutti gli impianti sia in cabina che in galleria, certificazioni e Dichiarazione di Conformità.

21.5 PLC PER GALLERIE A SINGOLO/DOPPIO FORNICE DI LUNGHEZZA COMPRESA TRA 1000 E 2000 METRI

Il PLC "Master" è destinato all'acquisizione dei segnali di stato, misura ed allarme relativi alle utenze di cabina e di galleria predisposto per switch rame/fibra con gestione ad anello; le utenze di cabina sono collegate tra loro tramite rete ethernet (TCP/IP) in rame, mentre quelle di galleria sono interconnesse tramite fibra ottica con tipologia ad anello. La configurazione Hardware del PLC è la seguente:

- N. 2 porte ethernet interfacciate con nodo concentratore di cabina (switch ethernet), rete di cabina e PLC slave in back-up;
- N. 2 porte seriali RS232 e RS485 configurabili, la prima con connessione a morsetti e la seconda con connessione D-SUB;
- Protocollo MODBUS RTU;
- Memoria di programma 1000 KB;
- N. 2 Moduli di comunicazione;
- N. 230 Digital Input;
- N. 90 Digital Output;
- N. 16 Analogic Input;
- N. 16 Analogic Output.

Il tutto comprensivo di carpenteria in acciaio inox AISI 304 o in lamiera di alluminio verniciata, cablaggio, attestazione cavi di segnalazione e comando, schema elettrico, configurazione software per la gestione ed il controllo di tutti gli impianti sia in cabina che in galleria, certificazioni e Dichiarazione di Conformità.

21.6 PLC PER GALLERIE A SINGOLO/DOPPIO FORNICE DI LUNGHEZZA SUPERIORE AI 2000 METRI

Il PLC "Master" è destinato all'acquisizione dei segnali di stato, misura ed allarme relativi alle utenze di cabina e di galleria predisposto per switch rame/fibra con gestione ad anello; le utenze di cabina sono collegate tra loro tramite rete Ethernet (TCP/IP) in rame, mentre quelle di gallerie sono interconnesse tramite fibra ottica con tipologia ad anello. La configurazione Hardware del PLC è la seguente:

- N. 3 porte ethernet interfacciate con nodo concentratore di cabina (switch ethernet), rete di cabina e PLC slave in back-up;
- N. 2 porte seriali RS232 e RS485 configurabili, la prima con connessione a morsetti e la seconda con connessione D-SUB;
- Protocollo MODBUS RTU;
- Memoria di programma 1000 KB;
- N. 2 Moduli di comunicazione;
- N. 320 Digital Input;
- N. 90 Digital Output;
- N. 16 Analogic Input;
- N. 16 Analogic Output.

Il tutto comprensivo di carpenteria in acciaio inox AISI 304 o in lamiera di alluminio verniciata, cablaggio, attestazione cavi di segnalazione e comando, schema elettrico, configurazione software per la gestione ed il controllo di tutti gli impianti sia in cabina che in galleria, certificazioni e Dichiarazione di Conformità.

21.7 PIASTRA DI FONDO SOS/RIO

La piastra di fondo deve essere installata in armadio SOS di galleria o in apposito armadietto in acciao inox AISI 304 o 316L (compreso) ed è costituita da:

- N. 1 piastra metallica dimensioni 780x580 mm;
- N. 1 interruttore generale sezionatore 2P 32°;
- N. 1 portafusibile per protezione ingresso 230Vac alimentatore switching;
- N. 1 portafusibile per protezione uscita 24Vdc alimentatore switching;
- N. 1 alimentatore 230Vac/24Vdc 2.5A per alimentazione PLC;
- N. 1 PLC comprensivo di CPU;

- N. 1 modulo di espansione per ingressi digitali;
- N. 1 modulo di espansione per ingressi analogici;
- N. 6 relè di interfaccia 24Vdc.

Il PLC/RIO di nodo SOS dovrà essere dotato di software e configurato per l'acquisizione delle seguenti informazioni:

- ON/OFF porta estintore;
- ON/OFF porta manichetta;
- Attivazione pulsante chiamata 115;
- Attivazione pulsante chiamata 113;
- Attivazione pulsante chiamata 118;
- In alternativa ai tre numeri precedenti (numero unico di emergenza 112);
- Attivazione pulsante chiamata SOC ANAS;
- Stato presenza estintore;
- Stato presenza manichetta;
- Stato pressostato.

Il tutto comprensivo di cablaggio di n. 16 ingressi digitali, di n. 6 uscite digitali, di n. 4 ingressi analogici del quadro elettrico, nonché dei cavi di alimentazione, segnalamento e comando. Sono, altresì, compresi nel prezzo lo schema elettrico, le certificazioni e la Dichiarazione di conformità

21.8 SALA SERVER

Il requisito essenziale della sala server è il mantenimento dell'alimentazione e delle condizioni ambientali tali da garantire la continuità del servizio delle macchine server. La fermata delle macchine server è infatti un evento catastrofico, non solo per l'interruzione del servizio di sorveglianza, monitoraggio e comunicazione, ma anche perché la fermata di una macchina senza opportuna procedura di shutdown può seriamente danneggiare dati, programmi e risorse, cosicché la ripartenza della macchina dopo un'interruzione improvvisa non è garantita. La sala server deve essere equipaggiata con UPS di sufficiente potenza da garantire almeno 2 ore di funzionamento senza interruzioni di tutti i server e le postazioni operative. I server devono essere refrigerati, preferibilmente con sistemi di ventilazione forzata sui singoli quadri per garantire la massima efficienza del sistema. Il controllo delle condizioni ambientali (temperatura, allagamento, fumo) e dalla disponibilità delle risorse di continuità (UPS, Generatore) è affidata ad uno specifico sistema.

21.9 SUPERVISORE DI TRATTA

La funzionalità dei programmi sviluppati per la supervisione della tratta sono suddivise fra gli applicativi di livello 2 (SCADA) e di livello 3 (Gestione DATI). Questi applicativi risiedono sui rispettivi server. Le funzionalità del livello 2, "supervisione di tratta", sono sviluppate in un ambiente di configurazione SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), come per i supervisori di galleria. Oltre ai dati di superficie, convergono al livello 2 di tratta anche dati aggregati dei sistemi di livello 2 di galleria, cha diventeranno parte della supervisione di tratta. Il livello di dettaglio al centro di controllo arriva al singolo sottosistema di galleria, di cui è controllato lo stato d'insieme, gli allarmi cumulativi, le misure di efficienza, e a cui impartire i macro comandi. La tratta nel suo insieme è l'oggetto di livello massimo nella rappresentazione dello SCADA del centro di controllo. Le funzionalità del livello 3, "gestione eventi", sono sviluppate in un ambiente di gestione dati RDBMS (Relational Data Base Management Systems), con linguaggio standard SQL per la gestione dei dati e programmi in linguaggio di alto livello (Java, C++) per i processi. La struttura del livello 3 prevede:

- Il livello di scambio dati con i sistemi di galleria, basato sullo standard di comunicazione OPC;
- Il livello di archiviazione dati in forma DB;
- Il livello gestione dati;
- Il livello di elaborazione dati (processi);
- Il livello di pubblicazione dati in tecnologia WEB;

Le funzionalità principali a carico del sistema di livello 3 sono:

- Gestione degli eventi di tratta;
- Storicizzazione dei dati;
- Rapporti di esercizio;
- Procedure e rapporti di manutenzione;
- Statistiche d'esercizio (traffico, consumi energetici);
- Ricostruzione storica degli eventi.

Si definiscono, di seguito, i requisiti minimi per l'architettura del sistema di controllo per le differenti classi di galleria. Ai fini dell'architettura del sistema di controllo, la classificazione fa riferimento, in primo luogo, alla lunghezza.

21.10 SOFTWARE DI SUPERVISIONE PER GALLERIE A SINGOLO/DOPPIO FORNICE DI LUNGHEZZA COMPRESA TRA 500 E 1000 METRI

I requisiti minimi per questa tipologia di galleria sono:

- Lunghezza compresa fra i 500 e 1000 metri singolo o doppio fornice, oppure lunghezza compresa fra 500 e 1000 metri doppio fornice con by-pass, oppure lunghezza inferiore ai 500 metri singolo o doppio fornice.

La galleria è caratterizzata dai seguenti equipaggiamenti:

- Una/due cabine elettriche;
- Colonnine SOS (per L>500 metri);
- Eventuali luoghi sicuri (by-pass per L>1000m);
- Illuminazione permanente e di rinforzo;
- Illuminazione di evacuazione (per L>500 metri)
- Ventilazione (L<1000 metri solo se indicato nell'Analisi di Rischio);
- Impianto idrico antincendio;
- Strumenti di misura ambientali e rilevamento traffico;
- Sistema di rilevamento incendio;
- Sistemi di segnalamento (cartelli luminosi, PMV, semafori e freccia-croce);
- Videosorveglianza;
- Impianto di ritrasmissione radio (per L>500 metri);
- Impianto di radiodiffusione sonora (solo in presenza di by-pass).

Nel caso di cabina unica, all'interno della stessa viene installato un PLC Master, in configurazione non ridondata, e un server di supervisione. I segnali di cabina sono riportati alla periferica a bordo del PLC. Il collegamento con le colonnine SOS è di tipo bus o collegamento Ethernet punto-punto. Di conseguenza il protocollo di comunicazione sarà Modbus 485 o Modbus TCP/IP. Nel caso di doppia cabina elettrica, in ciascuna deve essere installato un PLC ed in quella principale un server di supervisione. I due PLC Master e Slave devono essere in configurazione ridondata distante. La ridondanza distante garantisce il medesimo principio di ridondanza in locali separati che ispira il progetto della distribuzione elettrica. La commutazione fra i PLC in caso di guasto non deve interrompere alcun comando né di cabina né di galleria. Durante la prova di commutazione si deve verificare, in particolare, che:

- Non si verifichino sganci di interruttori in nessuna delle due cabine;

- Non ci sia interruzione di alcun servizio di galleria (illuminazione, ventilazione, segnalamento).

I segnali di cabina sono riportati su periferiche remote collegate direttamente alla rete di galleria, in modo da poter essere gestite da entrambi i PLC in configurazione ridondata distante. Le periferiche sono collocate preferibilmente nei rispettivi quadri di potenza che raccolgono i segnali di stato e di comando interni al quadro. In questo modo saranno ridotti i cablaggi in campo fra i quadri e il PLC centrale. Le apparecchiature elettriche comunicanti (protezioni elettroniche, multimetri) saranno collegate in Modbus RTU all'interno del quadro, e riportate in Modbus TCP/IP su Ethernet tramite convertitore di protocollo. Nei luoghi sicuri sarà installato entro armadio SOS o in apposito contenitore in acciaio inox almeno AISI 304, un PLC con autonomia di esecuzione delle logiche che gestiscono il locale. Il PLC del luogo sicuro sarà in configurazione non ridondante, collegato alla dorsale di galleria. La dorsale di galleria è una rete ad anello in fibra ottica, con dispositivi intelligenti nei nodi in grado di riconfigurare la rete in caso di guasto in una tratta intermedia. Per nodi si intendono:

- PLC di cabina;
- PLC nodo SOS di galleria;
- PLC nodo SOS di luogo sicuro.

In considerazione delle limitate distanze fra i nodi, la fibra ottica sarà di tipo multimodale, 62.5/125, altrimenti per distanze maggiori sarà di tipo monomodale 9/125. Il cavo in fibra ottica dovrà avere tutte le caratteristiche di resistenza meccanica agli urti e contro l'attacco dei roditori, con protezioni contro l'umidità. Il protocollo di comunicazione sarà Modbus TCP/IP per tutte le apparecchiature del sistema di controllo (PLC, periferiche I/O) e tutti i sottosistemi collegati. E' possibile ottimizzare le opere di installazione per la fibra ottica utilizzando il medesimo cavo per tutti i servizi TCP/IP, avendo cura di mantenere separate le reti dati, voce e video attraverso opportuna gestione delle fibre nei punti di derivazione. Le colonnine SOS e gli eventuali PMV saranno collegati al nodo più vicino, in protocollo Modbus TCP/IP. La distanza dal nodo determinerà la scelta del supporto fisico da impiegare: cavo UTP oppure fibra ottica. Il software di Supervisione SCADA comprensivo di sviluppo delle pagine grafiche, deve consentire le seguenti funzionalità:

- L'interazione dell'utente con tutti i sottosistemi controllati, mediante un'interfaccia di facile utilizzo;
- La visualizzazione e la memorizzazione delle grandezze analogiche lette dal sistema;
- La visualizzazione e la memorizzazione degli allarmi presenti e passati;
- La gestione di utenze a vari livelli.

Il tutto comprensivo di Licenza Runtime SCADA (75 Tags) in modo tale da consentire l'utilizzo del software di Supervisione e Controllo 24h/365 gg. Nel prezzo è, inoltre, compresa una postazione operatore costituita da: PC industriale con Sistema Operativo Windows 7 Ultimate 64 bit, processore Intel Atom Dual Core N2800 1,86GHz, memoria RAM da 2 GB, HDD da 1 TB, n. 2 porte seriali RS232, n. 1 porta seriale RS485, n. 6 porte USB, n. 2 porte PS/2 per tastiera e mouse (inclusi), n. 1 porta VGA, n. 1 porta DVI-D, n. 2 porte Ethernet 10/100/1000 Mbps RJ45, n. 1 monitor 19", n. 1 stampante laser a colori e gruppo statico di continuità. Il tutto deve essere predisposto per integrazione su sistema Aziendale RMT.

21.11 SOFTWARE DI SUPERVISIONE PER GALLERIE A SINGOLO/DOPPIO FORNICE DI LUNGHEZZA COMPRESA TRA 1000 E 2000 METRI

I requisiti minimi per questa tipologia di galleria sono:

- Lunghezza compresa tra 1000 e 2000 metri a singolo fornice, oppure con lunghezza compresa tra 1000 e 2000 metri a doppio fornice con by-pass.

La galleria è caratterizzata dai seguenti equipaggiamenti:

- Doppia cabina;
- Colonnine SOS;
- Luoghi sicuri (by-pass);
- Illuminazione permanente e di rinforzo;
- Illuminazione di evacuazione
- Ventilazione;
- Impianto idrico antincendio;
- Strumenti di misura ambientali e rilevamento traffico;
- Sistema di rilevamento incendio;
- Sistemi di segnalamento (cartelli luminosi, PMV, semafori e freccia-croce);
- Videosorveglianza;
- Impianto di ritrasmissione radio;
- Impianto di radiodiffusione sonora.

In ciascuna cabina deve essere installato un PLC e nella cabina principale un server di supervisione. I due PLC ed il server sono in configurazione ridondata distante. La ridondanza distante garantisce il medesimo principio di ridondanza in locali separati che ispira il progetto della distribuzione elettrica. La commutazione fra i PLC in caso di guasto non deve interrompere alcun

comando né di cabina né di galleria. Durante la prova di commutazione si deve verificare, in particolare, che:

- Non si verifichino sganci di interruttori in nessuna delle due cabine;
- Non ci sia interruzione di alcun servizio di galleria (illuminazione, ventilazione, segnalamento).

I segnali di cabina devono essere riportati su periferiche remote collegate direttamente alla rete di galleria in modo da poter essere gestite da entrambi i PLC in configurazione ridondata distante. Le periferie sono collocate preferibilmente nei rispettivi quadri di potenza che raccolgono i segnali di stato e di comando interni al quadro. In questo modo saranno ridotti i cablaggi in campo fra i quadri e il PLC di cabina. Le apparecchiature elettriche comunicanti (protezioni elettroniche, multimetri) saranno collegate in Modbus RTU all'interno del quadro e riportate in Modbus TCP/IP su Ethernet tramite convertitore di protocollo. Nei luoghi sicuri (bypass, vie di fuga o cunicoli di sicurezza) sarà installato un PLC in armadio SOS o in apposito contenitore in acciaio inox almeno AISI 304 con autonomia di esecuzione delle logiche che gestiscono il locale. In considerazione dei maggiori rischi e criticità dovuti alla lunghezza della galleria, il PLC ubicato all'interno luogo sicuro sarà in configurazione ridondante. I segnali e i comandi critici saranno a loro volta ridondati. La dorsale di galleria è una rete a doppio anello in fibra ottica, con dispositivi intelligenti nei nodi in grado di riconfigurare la rete o accoppiare gli anelli in caso di guasto in una tratta intermedia. Per nodi si intendono:

- PLC di cabina;
- PLC nodo SOS di galleria;
- PLC nodo SOS di luogo sicuro.

In considerazione delle limitate distanze fra i nodi, la fibra ottica sarà di tipo multimodale, 62.5/125 o 50/125; per distanze maggiori si deve utilizzare un cavo in fibra ottica di tipo monomodale 9/125. Il cavo in fibra ottica dovrà avere tutte le caratteristiche di resistenza meccanica agli urti e contro l'attacco dei roditori, con protezioni contro l'umidità. Il protocollo di comunicazione sarà Modbus TCP/IP per tutte le apparecchiature del sistema di controllo (PLC, periferiche I/O). E' possibile ottimizzare le opere di installazione del cavo in fibra ottica, utilizzando il medesimo cavo per tutti i servizi TCP/IP, avendo cura di mantenere separate le reti dati, voce e video attraverso opportuna gestione delle fibre nei punti di derivazione. Le colonnine SOS e gli eventuali PMV saranno collegati al nodo più vicino, in protocollo Modbus TCP/IP. La distanza dal nodo determinerà la scelta del supporto fisico da impiegare: cavo UTP oppure fibra ottica. Il software di Supervisione SCADA comprensivo di sviluppo delle pagine grafiche, deve consentire le seguenti funzionalità:

- L'interazione dell'utente con tutti i sottosistemi controllati, mediante un'interfaccia di facile utilizzo;

- La visualizzazione e la memorizzazione delle grandezze analogiche lette dal sistema;
- La visualizzazione e la memorizzazione degli allarmi presenti e passati;
- La gestione di utenze a vari livelli.

Il tutto comprensivo di Licenza Runtime SCADA (150 Tags) in modo tale da consentire l'utilizzo del software di Supervisione e Controllo 24h/365 gg. Nel prezzo è, inoltre, compresa una postazione operatore costituita da: PC industriale con Sistema Operativo Windows 7 Ultimate 64 bit, processore Intel Atom Dual Core N2800 1,86GHz, memoria RAM da 2 GB, HDD da 1 TB, n. 2 porte seriali RS232, n. 1 porta seriale RS485, n. 6 porte USB, n. 2 porte PS/2 per tastiera e mouse (inclusi), n. 1 porta VGA, n. 1 porta DVI-D, n. 2 porte Ethernet 10/100/1000 Mbps RJ45, n. 1 monitor 19", n. 1 stampante laser a colori e gruppo statico di continuità. Il tutto deve essere predisposto per integrazione su sistema Aziendale RMT.

21.12 SOFTWARE DI SUPERVISIONE PER GALLERIE A SINGOLO/DOPPIO FORNICE DI LUNGHEZZA SUPERIORE AI 2000 METRI

I requisiti minimi per questa tipologia di galleria sono:

- Lunghezza superiore ai 2000 metri a singolo fornice, oppure lunghezza superiore ai 2000 metri a doppio fornice con by-pass, oppure lunghezza superiore ai 2000 metri a singolo fornice con by-pass e cunicolo di sicurezza.

La galleria è caratterizzata dai seguenti equipaggiamenti:

- Doppia cabina;
- Colonnine SOS;
- Luoghi sicuri (bypass, cunicoli di sicurezza);
- Illuminazione permanente e di rinforzo;
- Illuminazione di evacuazione;
- Ventilazione;
- Impianto idrico antincendio;
- Strumenti di misura ambientali e rilevamento traffico;
- Sistema di rilevamento incendio;
- Sistemi di segnalamento (cartelli luminosi, PMV, semafori e freccia-croce);
- Videosorveglianza;

- Impianto di ritrasmissione dati;
- Impianto di radiodiffusione sonora.

In ciascuna cabina deve essere installato un PLC e nella cabina principale un server di supervisione. I due PLC ed il server sono in configurazione ridondata distante. La ridondanza distante garantisce il medesimo principio di ridondanza in locali separati che ispira il progetto della distribuzione elettrica. La commutazione fra i PLC in caso di guasto non deve interrompere alcun comando né di cabina né di galleria. Durante la prova di commutazione si deve verificare, in particolare, che:

- Non si verifichino sganci di interruttori in nessuna delle due cabine;
- Non ci sia interruzione di alcun servizio di galleria (illuminazione, ventilazione, segnalamento).

I segnali di cabina sono riportati su periferiche remote collegate direttamente alla rete di galleria in modo da poter essere gestite da entrambi i PLC in configurazione ridondata distante. Le periferiche sono collocate preferibilmente nei rispettivi quadri di potenza che raccolgono i segnali di stato e di comando interni al quadro. In questo modo saranno ridotti i cablaggi in campo fra i quadri e il PLC di cabina. Le apparecchiature elettriche comunicanti (protezioni elettroniche, multimetri) saranno collegate in Modbus RTU all'interno del quadro, e riportate in Modbus TCP/IP su Ethernet tramite convertitore di protocollo. Nei luoghi sicuri e nei cunicoli di sicurezza si dovrà installare un PLC in armadio SOS o in apposito contenitore in acciaio inox almeno AISI 304 con autonomia di esecuzione delle logiche che gestiscono il locale. In considerazione dei maggiori rischi e criticità dovuti alla lunghezza della galleria, il PLC del luogo sicuro sarà in configurazione ridondante. I segnali e i comandi critici saranno a loro volta ridondati. La dorsale di galleria è una rete ad anello in fibra ottica, con dispositivi intelligenti in corrispondenza dei nodi che siano in grado di riconfigurare la rete in caso di guasto in una tratta intermedia. Per nodi si intendono:

- PLC di cabina;
- PLC nodo SOS di galleria;
- PLC nodo SOS di luogo sicuro.

In considerazione delle limitate distanze fra i nodi, la fibra ottica sarà di tipo multimodale, 62.5/125 o 50/125, per distanze maggiori si dovrà provvedere all'installazione di una fibra ottica del tipo monomodale 9/125. Il cavo in fibra ottica dovrà avere tutte le caratteristiche di resistenza meccanica agli urti e contro l'attacco dei roditori, con protezioni contro l'umidità. Il protocollo di comunicazione sarà Modbus TCP/IP per tutte le apparecchiature del sistema di controllo (PLC, periferiche I/O). E' possibile ottimizzare le opere di installazione del cavo in fibra ottica utilizzando il medesimo cavo per tutti i servizi TCP/IP, avendo cura di mantenere separate

le reti dati, voce e video attraverso opportuna gestione delle fibre nei punti di derivazione. Le colonnine SOS e gli eventuali PMV saranno collegati al nodo più vicino, in protocollo Modbus TCP/IP. La distanza dal nodo determinerà la scelta del supporto fisico da impiegare: cavo UTP oppure fibra ottica. Il software di Supervisione SCADA comprensivo di sviluppo delle pagine grafiche, deve consentire le seguenti funzionalità:

- L'interazione dell'utente con tutti i sottosistemi controllati, mediante un'interfaccia di facile utilizzo;
- La visualizzazione e la memorizzazione delle grandezze analogiche lette dal sistema;
- La visualizzazione e la memorizzazione degli allarmi presenti e passati;
- La gestione di utenze a vari livelli.

Il tutto comprensivo di Licenza Runtime SCADA (1500 Tags) in modo tale da consentire l'utilizzo del software di Supervisione e Controllo 24h/365 gg. Nel prezzo è, inoltre, compresa una postazione operatore costituita da: PC industriale con Sistema Operativo Windows 7 Ultimate 64 bit, processore Intel Atom Dual Core N2800 1,86GHz, memoria RAM da 2 GB, HDD da 1 TB, n. 2 porte seriali RS232, n. 1 porta seriale RS485, n. 6 porte USB, n. 2 porte PS/2 per tastiera e mouse (inclusi), n. 1 porta VGA, n. 1 porta DVI-D, n. 2 porte Ethernet 10/100/1000 Mbps RJ45, n. 1 monitor 19", n. 1 stampante laser a colori e gruppo statico di continuità. Il tutto deve essere predisposto per integrazione su sistema Aziendale RMT.

22 CAVI E CONDUTTORI

22.1 GENERALITÀ

Le presenti specifiche sono riferite sia ai cavi previsti dal progetto dei singoli contratti applicativi che a quelli eventualmente proposti in fase di esecuzione dei lavori.

Sono ammessi conduttori di primaria marca e dotati di Marchio Italiano di Qualità (o marchio equivalente) e rispondenti alla Normativa specifica vigente (CEI ed UNEL)

Per quanto concerne il colore dell'isolamento dei conduttori si fa riferimento alla tabella UNEL 00722. Più precisamente:

Fase R: nero

Fase S: grigio

Fase T: marrone

Neutro: azzurro

Terra : giallo-verde

L'azzurro ed il giallo-verde non potranno essere utilizzati per altri servizi nemmeno per gli impianti ausiliari.

Eventuali circuiti SELV dovranno avere colore diverso dagli altri circuiti.

I cavi per energia devono avere conduttore in rame con sezione non inferiore a:

1,5mmq per circuiti luce

2,5mmq per circuiti FM

L'isolamento dovrà essere idoneo alle condizioni di posa.

A seconda delle applicazioni, i cavi possono essere scelti tra i seguenti (tutti non propaganti la fiamma):

Senza guaina: N07V-K 450/750 V, N07G9-K 450/750 V

Con guaina: FROR 450/750V, FG7(O)R 0,6/1kV, FG7R 0,6/1kV, FG7(O)M1 0,6/1kV, FG7M1 0,6/1kV, FG10(O)M1 0,6/1kV, FG10M1 0,6/1kV, FTG10(O)M1 0,6/1kV, FTG10M1 0,6/1kV.

I cavi per i circuiti di comando e segnalazione devono avere conduttore in rame con sezione non inferiore a 0.5mmq e isolamento idoneo alle condizioni di posa. A seconda dei casi, oltre che fra i cavi per energia, i cavi per i circuiti di comando e segnalazione possono essere scelti tra i seguenti (tutti non propaganti la fiamma):

Senza guaina: H05V-K 300/500V

Con guaina: FROR 300/500V, LSZH M1 300/500V.

Per alcune applicazioni speciali (ad esempio circuiti di sicurezza) si prescrive l'utilizzo di cavo con guaina resistente al fuoco tipo FTG10(O)M1 0,6/1kV, FTG10M1 0,6/1kV.

Infine è ammesso l'uso di condotti sbarre (compatte o ventilate) qualora sussistano validi motivi tecnico-economici che ne fanno preferire l'uso al posto dei cavi tradizionali.

I conduttori ed i cavi vengono posti in opera possibilmente in un solo pezzo; eventuali giunzioni sono ammesse in cassette isolate dotate di morsettiera fissa e autorizzate dalla D.L. per pezzature fuori norma.

Per le linee composte da corde unipolari si prescrive che tutti i conduttori, che compongono ogni singola linea, siano graffati fra loro e riconosciuti con apposita targhetta indicatrice.

Tutti i cavi devono essere isolati per la tensione massima tra i conduttori posati nello stesso tubo o canale. Le sezioni dei conduttori devono essere commisurate alle correnti di impiego e alla corrente nominale delle protezioni in modo che ne sia garantita la protezione contro i sovraccarichi ed i cortocircuiti nelle reali condizioni di posa (al più può essere omessa la protezione contro i sovraccarichi nei circuiti di alimentazione impianti di illuminazione anche se sem-

pre auspicata). Le sezioni dei conduttori inoltre devono garantire che le massime cadute di tensione tra l'origine dell'impianto e qualsiasi punto dell'impianto stesso non superino il 4%. I cavi interrati direttamente0 o posati in tubo protettivo non idoneo a proteggerli meccanicamente devono essere posati ad almeno 0.5 m di profondità e devono essere protetti con apposita lastra o tegolo. Non è prescritta alcuna profondità minima di installazione se il cavo risulta protetto meccanicamente nei confronti degli usuali attrezzi manuali di scavo da tubi metallici, condotti o cunicoli. Le tubazioni interrate devono far capo a pozzetti di ispezione di adeguate dimensioni dotate di robusti chiusini specie per le aree carrabili. Sulle passerelle possono essere posati solamente cavi con guaina. Le condutture relative a impianti speciali di comunicazione e di sicurezza (quali impianti telefonici, TVCC, circuiti SELV o PELV, rivelazione incendi, antintrusione, ecc.) vanno tenute tra loro distinte. Le condutture non devono essere posate in prossimità di tubazioni che producano calore, fumi o vapori. Ogni conduttura, nell'attraversare pareti o solai di compartimentazione al fuoco non deve modificarne le caratteristiche in termini di REI.

Il tipo di cavo nonché la sua formazione saranno definite negli altri documenti di progetto dei singoli contratti applicativi (in particolare si vedano gli schemi elettrici unifilari dei quadri di media e bassa tensione).

22.2 CONDUTTORI DI TERRA

Per linee di alimentazione degli utilizzatori in campo è prevista un'unica dorsale del conduttore di protezione corrente entro entrambi i cavidotti, sia dal lato corsia di sorpasso che corsia di emergenza di ciascun fornice. Tale dorsale è richiusa ad anello in cabina elettrica e collegata al sistema di dispersione generale.

Ogni circuito di alimentazione terminale (alimentazione dei ventilatori, segnaletica luminosa, ecc.) prevede una derivazione, normalmente in cavo N07V-K, FG10M1, FG10(O)M1, FTG10M1, FTG10(O)M1 di idonea sezione, da tale dorsale in prossimità della interruzione dei cavidotti presso le risalite dei cavi nella crena a parete in galleria. La giunzione deve essere realizzata in modo tale da garantire la continuità metallica della dorsale principale che non deve mai essere interrotta ed evitare fenomeni di ossidazione che ne pregiudichino il corretto funzionamento.

Per le linee di alimentazione dei quadri elettrici, siano essi collocati in cabina o in galleria, ogni singola linea è provvista di conduttore di protezione, di idonea sezione direttamente connesso all'impianto di terra di cabina.

22.3 CAVI TIPO FG10(O)M1 0.6/1KV E FG10M1 0.6/1KV – CEI 20-13

Saranno conformi costruttivamente alle norme del comitato CEI 20 applicabili e provvisti di Marchio Italiano di Qualità (IMQ).

Trattasi di cavi a bassissima emissione di fumi opachi e gas tossici secondo la Norma CEI 20-37.

Saranno essenzialmente costituiti da:

CONDUTTORE: il conduttore (da 1÷4) sarà formato da corde rigide(R) o da filo flessibile(F) stagnato

ISOLANTE: per l'isolamento delle singole anime sarà impiegata una composizione a base di gomma di qualità G10. Avrà elevata resistenza all'invecchiamento termico, al fenomeno delle scariche parziali e all'Azoto che consentirà maggior temperatura di esercizio dei conduttori

ISOLAMENTO INTERMEDIO: sull'insieme delle anime dei cavi multipolari, sarà predisposto un riempitivo in gomma ad alta autoestinguenza.

DISTINZIONE DEI CAVI A PIÙ ANIME: la distinzione delle anime dovrà essere eseguita secondo le tabelle UNEL 00722-78 per cavi di tipo "5" (senza conduttore di protezione) e così suddivisa:

- Bipolari: blu chiaro, nero
- Tripolari: blu chiaro, nero, marrone
- Quadripolari: blu chiaro, nero, marrone, nero (per questa formazione si dovrà provvedere a distinguere una delle due anime nere con nastratura di diverso colore)
- Unipolari: nero (ogni singola anima dovrà essere distinta con nastratura di differente colore come per la formazione quadripolare)

PROTEZIONE ESTERNA: la guaina protettiva esterna sarà costituita da materiale termoplastico qualità M1 colore verde

INSTALLAZIONE: per quanto concerne il tipo di posa, raggi di curvatura, temperatura di posa, ecc., si dovranno seguire scrupolosamente le prescrizioni imposte dalle normative che ne regolano la materia, nonché le raccomandazioni da parte delle Case Costruttrici. L'attestazione ai poli delle apparecchiature di sezionamento o interruzione sarà effettuata a mezzo capicorda a pinzare con pinzatrice idraulica in modo che il contatto tra conduttore e capicorda sia il più sicuro possibile

DEFINIZIONE DELLA SIGLA:

F	= corda flessibile
G10	= tipo di materiale isolante
O	= formazione multipolare-anime cordate
M1	= materiale isolante guaina esterna qualità M1
0.6/1kV	= tensione nominale Vo/V = 0.6/1kV

Dovrà essere provvisto di certificazione di conformità rilasciato dal CESI o da laboratori di prova di Istituti Universitari e fornibile su richiesta della S.A. o della D.L.

22.4 CAVI RESISTENTI AL FUOCO TIPO FTG10(O)M1 0.6/1 KV E FTG10M1 0.6/1KV– CEI 20-45 (RF31-22)

Saranno conformi costruttivamente alle norme del comitato CEI 20 applicabili.

Trattasi di cavi resistenti al fuoco, secondo la Norma CEI 20-36, e a bassissima emissione di fumi opachi e gas tossici secondo la Norma CEI 20-37.

Saranno essenzialmente costituiti da:

CONDUTTORE: il conduttore (1÷4) sarà formato da corde rigide o da fili di rame con sezione e resistenza Ohmica secondo le prescrizioni CEI

ISOLANTE: per l'isolamento delle singole anime sarà impiegata una composizione base di silicone calzavetro ad elevate caratteristiche meccaniche ed elettriche. Avrà elevata resistenza all'invecchiamento termico al fenomeno delle scariche parziali e all'Azoto che consentirà una maggior temperatura di esercizio dei conduttori

ISOLAMENTO INTERMEDIO: sull'insieme delle anime dei cavi multipolari, sarà predisposto un riempitivo in fibra di vetro; il tutto contenuto con nastratura in vetro

DISTINZIONE DEI CAVI A PIÙ ANIME: la distinzione delle anime dovrà essere eseguita secondo le tabelle UNEL 00722-78 per cavi di tipo "5" senza conduttore di protezione e così suddivise:

- Bipolari: blu chiaro, nero
- Tripolari: blu chiaro, nero, marrone
- Quadripolari: blu chiaro, nero, marrone, nero (per questa formazione si dovrà provvedere a distinguere una delle due anime nere con nastratura di diverso colore)
- Unipolari: nero (ogni singola anima dovrà essere distinta con nastratura di differente colore come per la formazione quadripolare)

PROTEZIONE ESTERNA: la guaina protettiva esterna sarà costituita da uno speciale elastomero termoplastico di qualità M1 o reticolato M2 del tipo non propagante l'incendio e a bassa emissione di gas corrosivi, nonché ridotta emissione di gas tossici e fumi opachi come da norme CEI

INSTALLAZIONE: per quanto concerne il tipo di posa, raggi di curvatura, temperatura di posa, ecc., si dovranno seguire scrupolosamente le prescrizioni imposte dalle normative che ne regolano la materia, nonché le raccomandazioni da parte delle Case Costruttrici. L'attestazione ai poli delle apparecchiature di sezionamento o interruzione sarà effettuata a mezzo di capicorda

a pinzare con pinzatrice idraulica in modo che il contatto tra il conduttore e capocorda sia il più sicuro possibile

DEFINIZIONE DELLA SIGLA:

FTG10(O)M1-0,6/1 KV

F = a corda flessibile rotonda

G10 = tipo di materiale isolante

O = cavo di forma rotonda

M1 = guaina termoplastica atossica

Dovrà essere provvisto di certificazione di conformità rilasciato dal CESI o da laboratori di prova di Istituti Universitari e fornibile su richiesta della S.A. o della D.L.

22.5 CAVI TIPO N07G9-K 450/750V - CEI 20-38

Saranno conformi costruttivamente alle norme ANPI (Atossici non propaganti l'incendio) e alle norme del comitato CEI n. 20 applicabili e provvisti di Marchio Italiano di Qualità (IMQ).

Trattasi di cavi a bassissima emissione di fumi opachi e gas tossici secondo la Norma CEI20-37.

Saranno essenzialmente costituiti da:

CONDUTTORE: sarà del tipo a corda flessibile di rame stagnato

ISOLANTE: sarà del tipo elastomero qualità G9

INSTALLAZIONE: per questo tipo di cavo sarà ammessa la posa solo in condutture o canalizzazioni in PVC o resina, oppure in guaine metalliche purché con rivestimento interno in PVC e in impianti eseguiti con tubo "Mannesmann"

DEFINIZIONE DELLA SIGLA:

N = riferimento alle Norme Nazionali

0 = tensione nominale Vo/V 450/750V

G9 = elastomero qualità G9

K = tipo di conduttore a corda flessibile

Dovrà essere provvisto di certificazione di conformità rilasciato dal CESI o da laboratori di prova di Istituti Universitari e fornibile su richiesta della S.A. o della D.L.

22.6 CAVI TIPO H05V-K 300/500V - CEI 20-20

Saranno conformi costruttivamente alle norme del comitato CEI n. 20 applicabili e successive varianti e provvisti di Marchio Italiano di Qualità (IMQ). Saranno essenzialmente costituiti da:

CONDUTTORE: sarà del tipo a corda flessibile di rame ricotto non stagnato

ISOLANTE: sarà del tipo in PVC (polivinilcloruro)

INSTALLAZIONE: per questo tipo di cavo sarà ammessa la posa solo in condutture o canalizzazioni in PVC o resina, oppure in guaine metalliche purché con rivestimento interno in PVC e in impianti eseguiti con tubo "Mannesmann"

DEFINIZIONE DELLA SIGLA:

H = riferimento alle Norme (armonizzato)

05 = tensione nominale Vo/V 300/500V

V = materiale isolante (PVC)

K = tipo di conduttore a corda flessibile

Dovrà essere provvisto di certificazione di conformità rilasciato dal CESI o da laboratori di prova di Istituti Universitari e fornibile su richiesta del Committente o della D.L.

22.7 CAVI TIPO N07V-K 450/750V - CEI 20-20

Saranno conformi costruttivamente alle norme del comitato CEI n. 20 applicabili e provvisti di Marchio Italiano di Qualità (IMQ). Saranno essenzialmente costituiti da:

CONDUTTORE: sarà del tipo a corda flessibile di rame ricotto non stagnato

ISOLANTE: sarà del tipo in PVC (polivinilcloruro) di qualità TIl secondo prescrizioni CEI

INSTALLAZIONE: per questo tipo di cavo sarà ammessa la posa solo in condutture o canalizzazioni in PVC o resina, oppure in guaine metalliche purché con rivestimento interno in PVC e in impianti eseguiti con tubo "Mannesmann"

DEFINIZIONE DELLA SIGLA:

N = riferimento alle Norme Nazionali

0 = tensione nominale V0/V 450/750V

V = materiale isolante (PVC)

K = tipo di conduttore a corda flessibile

Dovrà essere provvisto di certificazione di conformità rilasciato dal CESI o da laboratori di prova di Istituti Universitari e fornibile su richiesta del Committente o della D.L.

22.8 CAVI TIPO ARG7R - CEI 20-13 E CEI 20-29

Cavi di energia tipo ARG7R, conformi alla norma CEI 20-13, anima conduttore a corda compatta a fili di alluminio in accordo alla norma CEI 20-29, classe 2. Isolante in gomma HEPR ad alto modulo, che conferisce al cavo elevate caratteristiche elettriche, meccaniche e termiche. Guaina in PVC speciale di qualità Rz, colore grigio. Conformità ai requisiti essenziali delle direttive BT 2006/95/CE. Adatti per posa fissa sia all'interno, che all'esterno, in tubazioni, canalette o sistemi similari. Possono essere direttamente interrati. Posti in opera direttamente interrati in scavo già predisposto, o in canalette, tubazioni o sistemi similari.

22.9 CAVI SOLARI FG21M21

Dovranno essere di tipo unipolare flessibile con tensione nominale 1,8/3kV per impianti fotovoltaici e solari con isolante e guaina in mescola reticolata a basso contenuto di alogeni. Nello specifico il cavo è costituito da un conduttore a corda flessibile classe 5 di rame stagnato ricotto secondo la Norma CEI 20-29, isolante in gomma speciale HEPR G21, guaina in mescola reticolata tipo M21. Il cavo deve essere adatto per posa fissa sia all'interno che all'esterno in tubazioni, canalette oppure direttamente interrato. Il cavo deve essere posto in opera completo di capocorda, terminazioni, siglature, morsettiere di collegamento e cavo segnaletico installato secondo normativa vigente. Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22 II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

22.10 CAVI ISOLATI (PER CIRCUITI DI SEGNALAZIONE, SOCCORSO E TELECONTROLLO)

Dovranno essere di tipo resistente al fuoco, con isolamento elastomerico reticolato a base poliolefenilica, adatti per tensione di esercizio fino a 1000 V, grado di isolamento 4. Saranno di tipo multipolare nelle sezioni e tipologie indicate negli allegati elaborati grafici ed avranno conduttori di rame stagnato, rivestiti con guaina antifuoco e riempitivi speciali aventi caratteristiche tali da assicurare, in caso di incendio, un ridottissimo sviluppo di fumi opachi, la totale assenza di acido cloridrico e ridottissimo sviluppo di gas o sostanze tossiche e resistere per 3 ore sottoposti alla fiamma di 750°C.

I cavi devono essere costruiti secondo le Norme CEI 46-5, 20-22, 20-35, 20-36, 20-37 e 20-38.

22.11 PROPRIETÀ "ANTIFIAMMA" E "ZERO ALOGENI"

Per quanto riguarda le proprietà del cavo "Antifiamma" e "Zero alogeni" si dovrà fare riferimento alle norme:

CEI 20-22 (Cap. III): Norme di prova che devono accertare la proprietà di non propagazione d'incendio da parte di cavi elettrici;

CEI 20-37: Prove sui gas emessi durante la combustione di cavi elettrici "Cavi aventi ridotta emissione di fumi e di gas tossici o corrosivi".

Nonché le raccomandazioni della Standard DIN VDE 0207/24, HM4 del marzo 1989.

22.12 CAVI PER MT TIPO RG7H1R - CEI 20-13

I cavi MT di collegamento tra il punto di consegna e la sezione ricevitrice e quelli in partenza dallo/dai scomparto/i MT e i terminali MT del/i trasformatore/i dovranno essere del tipo RG7H1R, unipolari, con guaina di colore rosso, sezione adeguata e comunque non inferiore a 25mmq, dotati di schermo metallico con resistenza non superiore a 3 Ω/km a 20°C connesso a terra ad entrambe le estremità e di apposite teste di cavo. La temperatura di posa, i raggi di curvatura minimi e gli sforzi di tiro durante la posa devono essere conformi alle prescrizioni del costruttore del cavo.

La tensione di isolamento Vo/V dovrà essere compatibile con la tensione nominale dell'impianto.

22.13 CAVI PER TRASMISSIONE DATI

Dovranno essere ad una o più coppie secondo gli schemi e le modalità di collegamento proprie delle apparecchiature approvvigionate. I cavi dovranno essere almeno di categoria 6, isolati acusticamente e dovranno avere bassa capacità, schermatura globale interna e schermatura di superficie del tipo a calza con schermatura della superficie superiore al 65%.

I conduttori dovranno essere a trefoli 24 AWG (7x32); dovranno avere rivestimento esterno in PVC cromo; impedenza nominale 100 ohm, capacità nominale 40 pF/m.

I conduttori dovranno essere in rame stagnato con smalto isolante, dovranno avere la schermatura interna di tipo chiuso in alluminio e poliestere ed essere corredati dei connettori di collegamento terminale alle apparecchiature per collegamenti RS 232, RS 422 e RS485.

22.14 CAVI IN FIBRA OTTICA

E' utilizzato quale dorsale dati con protocollo Ethernet un cavo multifibre ottiche (da n. 6,12, 24 e 48 fibre) avente le seguenti caratteristiche:

- Fibre tipo monomodale con diametro del nucleo mm 9/125 micron;
- Attenuazione massima: 0,70 dB/Km a I310 nm, 0,70 dB/Km a 1550 nm;
- Dispersione zero;
- Lunghezza d'onda 1300-1322 nm;
- Pendenza <0,092 nm2-km
- Guaina esterna idonea per posa interna/esterna, autoestinguente, resistente alle radiazioni emesse nell'ultravioletto, all'umidità, alle muffe e a ridottissima emissione di fumi e gas tossici e corrosivi, dotata di protezione perimetrale antiroditore in acciaio.

Il cavo presenta inoltre le seguenti caratteristiche termiche e meccaniche minime:

- Temperatura di funzionamento: -20°C, +70 °C
- Resistenza agli impatti: 1485 N/cm
- Resistenza alle flessioni: 1000 cicli

Solo in casi del tutto eccezionali, previa richiesta e avvenuta approvazione della D.L., é ammessa la giunzione dei cavi in fibra per la realizzazione delle tratte di interconnessione. In tal caso le perdite nel punto di connessione non devono essere maggiori di 0,3 dB.

Per quanto riguarda le proprietà delle fibre ottiche si dovranno adottare le raccomandazioni specificate nelle Normative CCITT riferite ai vari tipi di fibre di seguito descritte:

- EN 187.000 Normativa generale dei cavi
- EN 188.000 Normativa europea sulle fibre.

Le terminazioni per collegamenti punto-punto con fibre monomodali ad un canale in ricezione e trasmissione, avranno le caratteristiche con una capacità ottica adatta per:

- potenzialità nominale 100 Kband
- temperatura di funzionamento -20°C +70°C
- collegamento sul lato dati tipo femmina con vite di bloccaggio
- collegamento lato ottico ST
- alimentazione 11-14 V d.c.
- assorbimento 100 mA
- lunghezza d'onda 1300 mm
- potenza di emissione 50 microwatt (-13 db)

- sensibilità 1 microwatt (-30 dbm)
- potenzialità ottica 17 db
- interdistanza massima 48 km

22.15 SISTEMI DI POSA DEI CAVI

Sono ammesse le seguenti tipologie di posa:

- Entro tubazioni direttamente interrate
- Entro tubazioni, metalliche o in PVC, in vista o incassate entro struttura: i tubi dovranno avere un diametro tale da consentire un comodo infilaggio e sfilaggio dei conduttori.
- Entro canalizzazioni in vista di tipo metallico o in PVC: i cavi dovranno essere disposti in modo ordinato, senza incroci. I cavi andranno legati alle canalizzazioni mediante apposite fascette con regolarità ed in corrispondenza di curve, diramazioni, cambiamenti di quota, in cunicoli ricavati nel pavimento: i cavi vanno adagiati sul fondo del cunicolo.

In ogni caso dovranno essere rispettati i raggi minimi di curvatura prescritti dal costruttore.

A stendimento avvenuto, i cavi devono essere lasciati con le estremità accuratamente fasciate dai nastri di gomma e polivinilici adesivi, sino a giunzioni e terminazioni in cassetta o armadi, ultimate, conformemente alle disposizioni di impiego.

Particolare attenzione va alla posa di conduttori entro tubazioni per evitare la formazione di eliche che ne impedirebbero lo sfilamento successivo.

Le derivazioni dalla dorsale verso l'utenza terminale possono essere realizzate solo in corrispondenza di idonee scatole di derivazione con l'uso di morsetti aventi sezione adeguata.

Le linee dorsali dovranno mantenere la stessa sezione lungo tutto il loro sviluppo, salvo diversa ed esplicita indicazione.

Ogni cavo (anche quelli relativi agli impianti speciali) deve essere identificabile, tramite apposita marcatura (fascette o anelli), non solo alle sue estremità ma anche in corrispondenza di ciascuna scatole di derivazione e/o di transito.

Tale marcatura dovrà identificare il circuito e l'eventuale fase di appartenenza e dovrà corrispondere agli schemi costruttivi forniti.

Il collegamento terminale sarà costituito da terminazioni adeguate al cavo ed all'apparecchio da connettere.

Non sono concessi aggiustamenti apportati al conduttore o ai capicorda per consentire il loro reciproco adattamento.

I cavi, in corrispondenza delle connessioni terminali, dovranno essere fissati alla struttura portante o alla cassetta tramite pressacavo. Ciò al fine di impedire sollecitazioni, di qualsiasi natura, sui morsetti della connessione.

22.16 ATTRAVERSAMENTO SUPERFICI DI COMPARTIMENTAZIONE

Qualora una conduttura elettrica attraversi elementi costruttivi di un compartimento antincendio (pavimenti, muri, solai, pareti) aventi una resistenza al fuoco specificata, occorre ripristinare la resistenza al fuoco che l'elemento possedeva in assenza della conduttura. Occorre quindi otturare sia il foro di passaggio nel muro rimasto libero sia la sezione rimasta vuota all'interno della conduttura stessa. Non è necessario otturare l'interno dei tubo protettivo se questo è conforme alla prova di resistenza alla propagazione della fiamma secondo la norma CEI 23-25 o CEI 23-39, ha un diametro interno non superiore a 30 mm e grado di protezione almeno IP33, inclusa la sua estremità se penetra in un ambiente chiuso. Entrambe le otturazioni possono essere realizzate mediante barriere tagliafiamma e devono comunque avere una resistenza al fuoco almeno uguale a quella dell'elemento costruttivo del compartimento antincendio

22.17 PRODOTTI PER BARRIERA TAGLIAFUOCO

Il sistema di tamponamento dei passaggi cavi mediante componenti vari sarà formato da:

- Pannello in fibre universali da sagomare sul foro interessato;
- Fibra ceramica per tamponamento di tutti gli interstizi esistenti tra cavo e cavo o tra pannello e parete;
- Mastice di sigillatura a basso contenuto di acqua ed elevata percentuale di materiali solidi; può essere applicato a spatola come una comune malta cementizia;
- Supporti metallici per la realizzazione della barriera.

Tutti i materiali per tale esecuzione dovranno essere provvisti di certificazione di collaudo e dovranno essere di tipo approvato secondo quanto previsto dalle normative vigenti, nonché fornito, su richiesta, al Committente o alla D.L.

22.18 SETTI TAGLIAFUOCO DI TIPO COMPONIBILE

Trattasi di passacavi multipli resistenti al fuoco di tipo ad inserti componibili modulari composti da:

- Telaio in profilato acciaio zincato da installare o annegare alla struttura muraria in maniera che risulti facilitato successivamente il montaggio delle guarnizioni
- Guarnizioni in materiale antifiamma resistente ad una temperatura non inferiore a 750°C. Saranno nel numero e nel tipo secondo le esigenze (cavi unipolari o multipolari) e comunque di dimensioni tali da non procurare danni durante la compressione
- Blocchi di riempimento che saranno anch'essi nel numero e nel tipo secondo le esigenze e comunque tali da formare una struttura piena senza fessurazioni
- Piastra di compressione necessaria al termine dell'assemblaggio onde, tramite apposito bullone, riempire eventuali spazi vuoti

Tale passacavo dovrà essere provvisto di certificazione di collaudo e dovrà essere di tipo approvato secondo quanto previsto dalle normative vigenti, nonché fornito, su richiesta, al Committente o alla D.L

23 CAVIDOTTI E PASSERELLE

23.1 TUBAZIONI

I tubi protettivi flessibili o rigidi in materiale isolante posati sotto i pavimenti devono essere di tipo pesante. I tubi di tipo leggero possono essere utilizzati sottotraccia a parete o a soffitto oppure posati nel controsoffitto. Per la posa in vista fino a 2.5 m di altezza si devono utilizzare tubi pesanti. I tubi flessibili in PVC devono essere conformi alle norme CEI EN 61386-22 (CEI 23-82). I tubi rigidi in PVC devono essere conformi alle norme CEI EN 61386-21 (CEI 23-81).

Si devono utilizzare tubi metallici in acciaio (con o senza saldature) quando siano prevedibili violenti urti. Per impianti da realizzare in luoghi con pericolo di esplosione saranno utilizzate tubazioni metalliche idonee senza saldature. Per evitare fenomeni di accoppiamento induttivo, tutti i conduttori unipolari relativi allo stesso circuito devono appartenere al medesimo tubo. I tubi protettivi metallici ed i loro accessori devono essere conformi alla norma CEI EN 61386. Il raggio di curvatura dei tubi non deve essere inferiore a 3 volte il diametro esterno dei tubi stessi. Sui disegni relativi ai progetti dei singoli contratti applicativi devono essere riportati, in corrispondenza ai tracciati dei percorsi indicati per le varie linee, il tipo e le dimensioni delle tubazioni protettive previste. La posa dovrà essere eseguita in modo ordinato secondo percorsi orizzontali o verticali, paralleli o perpendicolari a pareti e/o soffitti, senza tratti obliqui ed evitando incroci o accavallamenti non necessari. Dovranno essere evitate le giunzioni su tubi di tipo corrugato o di tipo flessibile o di diametro diverso. Per le giunzioni fra tubazioni rigide e tubazioni flessibili dovranno essere impiegati gli adatti raccordi previsti allo scopo dal costruttore del tubo flessibile. Il serraggio con clips strette con viti è ammesso solo sul lato tubo rigido e se non viene

abbassato il grado di protezione previsto per l'impianto. In mancanza di indicazioni o prescrizioni diverse sulle tavole di progetto dei singoli contratti applicativi, nei locali umidi o bagnati o all'esterno le tubazioni saranno in materiale isolante e tutti gli accessori per la messa in opera, quali staffe e morsetti di fissaggio, dovranno essere in materiale plastico o in acciaio inossidabile. All'interno di detti locali le varie parti costituenti i cavidotti (tratti rettilinei, curve etc.) dovranno essere collegate fra loro mediante bulloni in nylon o in acciaio inossidabile. Nei tratti in vista e nei controsoffitti i tubi dovranno essere fissati con appositi sostegni con interdistanza massima di 1 m ed in corrispondenza di curve e derivazioni. Negli impianti in vista (con grado di protezione IP55 salvo diversa indicazione) l'ingresso di tubi in cassette, contenitori e canalette dovrà avvenire tramite adatto pressatubo senza abbassare il grado di prestazione previsto. Per consentire l'agevole infilaggio e sfilaggio dei conduttori il rapporto fra il diametro interno del tubo protettivo ed il diametro del fascio di cavi contenuti dovrà essere almeno pari a: 1,3 per le linee luce, FM e simili, 1,6 per le linee telefoniche e 2,5 per i cavi coassiali di impianto TV. Il diametro delle tubazioni non dovrà comunque essere inferiore a quello riportato sui disegni di progetto dei singoli contratti applicativi. Le tabelle che seguono riportano, a titolo indicativo, il diametro delle tubazioni in relazione al tipo ed al numero dei cavi da contenere.

Cavi				Sezione (mm2)				
U0/U*	Tipo		n.	1,5	2,5	4	6	10
450/750 V	Cavo unipolare PVC (senza guaina) N07V-K N07G9-K		1	20	20	20	20	20
			2	20	20	20	25	32
			3	20	20	25	32	32
			4	20	20	25	32	32
			5	20	25	25	32	40
			6	20	25	32	32	40
			7	20	25	32	32	40
			8	25	32	32	40	50
			9	25	32	32	50	50
	Cavo multipolare PVC FROR	Bipolare	1	20	25	25	32	40
			2	32	40	50	50	63
			3	40	50	50	63	–
		Tripolare	1	20	25	25	32	40
			2	40	40	50	63	63
			3	40	50	50	63	–
		Quadripolare	1	25	25	32	32	50
			2	40	50	50	63	–
			3	50	50	63	–	–
0,6/1 kV	Cavo unipolare PVC o gomma (con guaina) FG10(O)M1/FG10M1 FG7(O)R/FG7R N1VV-K		1	25	25	25	25	32
			2	40	40	50	50	50
			3	50	50	50	63	63
			4	50	50	63	63	–
			5	63	63	63	63	–

	FTG10(O)M1/FTG10M1		6	63	63	63	–	–
			7	63	63	63	–	–
			8	–	–	–	–	–
			9	–	–	–	–	–
	Cavo unipolare PVC o gomma FG10(O)M1/FG10M1 FG7(O)R/FG7R N1VV-K FTG10(O)M1/FTG10M1	Bipolare	1	25	32	32	32	40
			2	50	50	63	63	–
			3	63	63	63	–	–
		Tripolare	1	25	32	32	32	40
			2	50	50	63	63	–
			3	63	63	63	–	–
		Quadripolare	1	32	32	32	40	40
			2	50	63	63	–	–
			3	63	63	–	–	–

Grandezza minima (mm) dei tubi **FLESSIBILI** in PVC, in relazione alla sezione e al num. dei cavi

Cavi			Sezione (mm2)				
U0/U*	Tipo	n.	1,5	2,5	4	6	10
450/750 V	Cavo unipolare pvc (senza guaina) N07V-K N07G9-K	1	20	20	20	20	20
		2	20	20	20	20	32
		3	20	20	20	25	32
		4	20	20	20	25	32
		5	20	20	20	32	32
		6	20	20	25	32	40
		7	20	20	25	32	40
		8	25	25	32	40	50
		9	25	25	32	40	50
	Cavo multipolare PVC FROR	Bipolare	1	16	20	20	25	32
			2	32	40	40	50	–
			3	40	40	50	50	–
		Tripolare	1	16	20	20	25	40
			2	32	40	40	50	–
			3	40	50	50	–	–
		Quadripolare	1	20	20	25	32	40
			2	40	40	50	50	–
			3	40	50	50	–	–
0,6/1 kV	Cavo unipolare PVC o gomma (con guaina) FG10(O)M1/FG10M1 FG7(O)R/FG7R N1VV-K FTG10(O)M1/FTG10M1	1	20	20	20	25	50
		2	40	40	40	40	50
		3	40	50	50	50	–
		4	50	50	50	50	–
		5	50	50	–	–	–
		6	–	–	–	–	–
		7	–	–	–	–	–

			8	–	–	–	–	–
			9	–	–	–	–	–
	Cavo unipolare PVC o gomma FG10(O)M1/FG10M1 FG7(O)R/FG7R N1VV-K FTG10(O)M1/FTG10M1	Bipolare	1	25	25	25	32	32
			2	40	50	50	–	–
			3	50	50	–	–	–
		Tripolare	1	25	25	25	32	32
			2	50	50	50	–	–
			3	50	–	–	–	–
		Quadripolare	1	25	25	32	32	40
			2	50	50	–	–	–
			3	–	–	–	–	–

Grandezza minima (mm) dei tubi **RIGIDI** in PVC, in relazione alla sezione e al numero dei cavi

Sempre allo scopo di facilitare l'infilaggio non dovranno essere eseguite più di due curve, o comunque curve per più di 180° sulle tubazioni protettive senza l'interposizione di una cassetta di transito. Analogamente nei tratti rettilinei non dovrà essere superata la lunghezza di 10 m senza l'interposizione di una cassetta rompi-tratta.

Le tubazioni interrate dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche costruttive e di posa (salvo diversa prescrizione di progetto del singolo contratto applicativo o indicazione della D.L.):

Essere di materiale termoplastico (PVC) e dotate di sufficiente resistenza allo schiacciamento pari ad almeno 450N.

Avere i giunti di tipo a bicchiere sigillati con apposito collante, o di tipo filettato per evitare lo sfilamento e le infiltrazioni di acqua

Essere posate a non meno di 0,8 m di profondità, avendo cura di stendere sul fondo dello scavo e sopra il tubo, una volta posato, uno strato di sabbia di circa 10 cm di spessore; i tratti interrati, ove sia prevedibile il transito di automezzi, dovranno essere protetti con coppelle di calcestruzzo vibrato o con massetto di cemento

Sopra il cavidotto andrà posato un nastro avvisatore/segnalatore in polietilene con dicitura e colore definiti in sede di DL.

Dovranno, in corrispondenza ai cambiamenti di direzione e comunque ad intervalli non superiori a 25 m nei tratti rettilinei, attestarsi a pozzetti di ispezione completi di contrassegno di identificazione (scritta con vernice resistente o targhette fissate tramite tasselli ad espansione)

I tratti rettilinei orizzontali dovranno essere posati con pendenza verso un pozzetto per evitare il ristagno dell'acqua.

Il tratto entrante nel fabbricato deve essere posato con pendenza verso l'esterno, per evitare l'ingresso di acqua.

Dopo aver infilato i cavi, le estremità all'interno e/o all'esterno del fabbricato dovranno essere chiuse con un tappo e sigillate o con un passacavo stagno secondo quanto indicato sui disegni.

Tutti i pozzetti dovranno essere senza fondo, o comunque con fori adeguati ad evitare il ristagno dell'acqua.

Prima della chiusura di tracce o scavi, e di eventuali controsoffitti e/o pavimenti sopraelevati, dovrà essere avvisato con sufficiente anticipo il D.L., in modo da consentire un esame a vista delle modalità con cui è stata effettuata la posa delle tubazioni.

Nello stesso tubo non dovranno esserci conduttori riguardanti servizi diversi anche se alla medesima tensione di esercizio.

I tubi posati per riserva dovranno comunque essere dotati di opportuni fili-pilota in materiale non soggetto a ruggine e dovranno essere chiusi con tappi filettati e lasciati tappati anche dopo la fine dei lavori.

23.2 CANALIZZAZIONI

Le dimensioni delle canalette portacavi non dovranno essere inferiori a quelle riportate sui disegni e, salvo diversa indicazione o in assenza di dimensione, le canalette dovranno essere dimensionate per portare i cavi su al massimo 2 strati.

In ogni caso dovrà essere garantita una riserva di spazio pari al 50% della sezione totale utile della canalizzazione.

Se uno stesso canale è occupato da circuiti a tensione diversa deve essere munito di setti separatori; in alternativa, si può posare all'interno del canale un secondo canale di dimensioni ridotte oppure un tubo protettivo o infine si può utilizzare lo stesso livello di isolamento (commisurato alla massima tensione presente) per tutti i conduttori.

Prima della chiusura di controsoffitti e/o pavimenti sopraelevati, dovrà essere avvisato con sufficiente anticipo il D.L., in modo da consentire un esame a vista delle modalità con cui è stata effettuata la posa delle canalizzazioni.

Dove si prevede l'installazione di più canalizzazioni, sovrapposte o affiancate, nella loro posa in opera si dovrà considerare un'interdistanza tale da consentire la futura posa di nuovi conduttori ed eventuali lavori di manutenzione. Salvo diverse indicazioni, tra due canalette sovrapposte si dovrà lasciare una distanza non inferiore a 200 mm.

Il collegamento tra due elementi costituenti la canalizzazione dovrà essere realizzata tramite appositi giunti e non saldature

I canali dovranno essere opportunamente contrassegnati con passo regolare non superiore a 15m mediante etichette (metalliche o plastiche) da fissare sul fondo o sul bordo del canale. Tali

etichette, aventi dimensioni minime 100x300 mm, dovranno avere colorazione tale da rispettare la seguente codifica:

rosso: rete MT

azzurro: rete BT (normale e privilegiata)

giallo: impianti speciali di comunicazione (trasmissione dati, citofonico, diffusione sonora, ecc.)

arancio: impianti speciali di sicurezza (rivelazione fumi, antintrusione, controllo accessi, ecc.)

nero: impianti speciali in genere

verde: impianti di sicurezza (esempio: illuminazione di sicurezza)

bianco: alimentazione da gruppo elettrogeno (fino al dispositivo, o quadro, di commutazione rete-gruppo).

Di tale codifica, si dovranno fornire tabelle esplicative da collocare in maniera visibile all'interno dei locali tecnici dedicati ai quadri elettrici e/o nelle tasche porta schemi previste all'interno dei quadri stessi.

Tutte le variazioni dei percorsi (relativi a tubazioni e a canalizzazioni) rispetto a quelli di progetto del singolo contratto applicativo dovranno essere preventivamente approvate dalla D.L., ed essere riportate sui disegni da consegnare alla Committente al termine dei lavori stessi.

Canali, passerelle, tubi protettivi, se metallici, sono considerate masse e vanno pertanto collegati a terra. Non sono considerati masse e non è pertanto necessario il loro collegamento a terra se contengono solamente cavi multipolari o cavi unipolari con guaina (cavi a doppio isolamento). In tal caso comunque, il collegamento a terra non è vietato.

23.3 TUBO RIGIDO IN PVC SERIE PESANTE

Sarà della serie pesante con grado di compressione minimo di 750 N conforme alle tabelle CEI-UNEL 37118 e alle norme CEI EN 61386-1 (CEI 23-80) e CEI EN 61386-21 (CEI 23-81) e provvisto di marchio italiano di qualità. Potrà essere impiegato per la posa a pavimento (annegato nel massetto e ricoperto da almeno 15 mm di malta di cemento) oppure in vista (a parete, a soffitto, nel controsoffitto o sotto il pavimento sopraelevato). Non è ammessa la posa interrata (anche se protetto da manto di calcestruzzo) o in vista in posizioni dove possa essere soggetto a urti, danneggiamenti etc., (ad es. ad un'altezza dal pavimento finito inferiore a 1.5 m). Le giunzioni e i cambiamenti di direzione dei tubi potranno essere ottenuti sia impiegando rispettivamente manicotti e curve con estremità a bicchiere conformi alle citate norme e tabelle. Sarà anche possibile eseguire i manicotti e le curve a caldo sul posto di posa. Nel caso sia adottato il secondo metodo le giunzioni dovranno essere eseguite in modo che le estremità siano sovrapposte per un tratto pari a circa 1-2 volte il diametro nominale del tubo e le curve in modo che il

raggio di curvatura sia compreso fra 3 e 6 volte il diametro nominale del tubo. Tubazioni e accessori avranno marchio IMQ. Nella posa in vista la distanza fra due punti di fissaggio successivi non dovrà essere superiore a 1 m, in ogni caso i tubi devono essere fissati in prossimità di ogni giunzione e sia prima che dopo ogni cambiamento di direzione. In questo tipo di posa, per il fissaggio saranno impiegati collari singoli in acciaio zincato e passivato con serraggio mediante viti trattate superficialmente contro la corrosione e rese imperdibili; oppure saranno impiegati collari c.s.d. in materiale isolante, oppure morsetti in materiale isolante sempre serrati con viti (i tipi con serraggio a scatto sono ammessi all'interno di controsoffitti, sotto pavimenti sopraelevati, in cunicoli o analoghi luoghi protetti). Collari e morsetti dovranno essere ancorati a parete o a soffitto mediante chiodi a sparo o viti e tasselli in plastica. Nei locali umidi o bagnati e all'esterno, degli accessori di fissaggio descritti potranno essere impiegati solo quelli in materiale isolante, le viti dovranno essere in acciaio nichelato o cadmiato o in ottone. Nei casi in cui siano necessarie tubazioni di diametro maggiore a quelli contemplati dalle citate norme CEI, potranno essere impiegati tubi in PVC del tipo con giunti a bicchiere con spessore non inferiore a 3 mm per i quali siano stati eseguiti, a cura del costruttore, le prove previste dalle norme CEI (resistenza allo schiacciamento, all'urto, alla fiamma, agli agenti chimici e di isolamento) oppure tubi in PVC conformi alle norme EN 1452.

23.4 TUBO RIGIDO IN PVC FILETTABILE

Sarà in materiale autoestinguente con estremità filettate e spessori non inferiori ai seguenti valori (in mm) 2.2-2.3-2.5-2.8-3.0-3.6 rispettivamente per le grandezze (diam. est.) 16-20-25-32-40-50 con una resistenza allo schiacciamento pari ad almeno 750 N misurata secondo le modalità previste dalle norme CEI EN 61386-1 (CEI 23-80) e CEI EN 61386-21 (CEI 23-81). Per grandezze superiori (diametri esterni maggiori di 50 mm) si dovrà ricorrere a tubi della "serie filettata gas"-PN 6. Le giunzioni saranno ottenute con manicotti filettati. I cambiamenti di direzione potranno essere ottenuti sia con curve ampie con estremità filettate internamente sia per piegatura a caldo. Nella posa in vista la distanza fra due punti di fissaggio successivi non dovrà essere superiore a 1 m. I tubi dovranno comunque essere fissati in prossimità di ogni giunzione e sia prima che dopo ogni cambiamento di direzione. Per il fissaggio in vista saranno impiegati collari singoli in acciaio zincato e passivato con serraggio mediante viti trattate superficialmente contro la corrosione e rese imperdibili; oppure collari o morsetti in materiale isolante serrati con viti (i tipi con serraggio a scatto sono ammessi all'interno di controsoffitti, sotto pavimento sopraelevato, in cunicoli o analoghi luoghi protetti). Collari e morsetti dovranno essere ancorati a parete o a soffitto mediante chiodi a sparo o viti e tasselli in plastica. Nei locali umidi o bagnati all'esterno, degli accessori descritti potranno essere impiegati solamente quelli in materiale isolante. Le viti dovranno essere in acciaio cadmiato o nichelato o in ottone.

23.5 TUBO CORRUGATO IN PVC SERIE PESANTE

Sarà conforme alle norme CEI EN 61386-1 (CEI 23-80) e CEI EN 61386-22 (CEI 23-82) e alle tabelle CEI-UNEL 37121/70 (serie pesante) in materiale autoestinguente, provvisto di marchio italiano di qualità. Sarà impiegato esclusivamente per la posa sottotraccia a parete o a soffitto curando che in tutti i punti risulti ricoperto da almeno 20 mm di intonaco oppure entro pareti prefabbricate del tipo a sandwich. Non potrà essere impiegato nella posa in vista o a pavimento, o interrata (anche se protetto da manto di calcestruzzo) e così pure non potranno essere eseguite giunzioni se non in corrispondenza di scatole o di cassette di derivazione. I cambiamenti di direzione dovranno essere eseguiti con curve ampie (raggio di curvatura compreso fra 3 e 6 volte il diametro nominale del tubo). Avrà una resistenza allo schiacciamento non inferiore a 750 N secondo quanto previsto dalle norme CEI.

23.6 GUAINA FLESSIBILE CON SPIRALE RIGIDA IN PVC

Sarà in materiale autoestinguente e costituito da un tubo in plastica morbida, internamente liscio rinforzato da una spirale di sostegno in PVC. La spirale dovrà avere caratteristiche (passo dell'elica, rigidezza etc.) tali da garantire l'inalterabilità della sezione anche per il raggio minimo di curvatura (r.min.= 2 x diam.int.) ed il ritorno alla sezione originale in caso di schiacciamento. Il campo di temperatura di impiego dovrà estendersi da -15°C a +70°C. Per il collegamento a tubi di altro tipo, canalette, cassette di derivazione o di morsettiere dei motori, contenitori etc, dovranno essere impiegati esclusivamente raccordi previsti allo scopo dal costruttore e costituiti da: corpo (del raccordo), anello di tenuta, ghiera filettata di serraggio, controdado o manicotto filettato a seconda se il collegamento è con cassette, canalette o contenitori oppure con tubi filettati. Le estremità dei tubi flessibili non dovranno essere bloccate con raccordi del tipo a clips serrate con viti. Non è ammesso l'impiego di questo tipo di tubo all'interno dei locali con pericolo di esplosione o incendio. Avrà una resistenza allo schiacciamento non inferiore a 350 N secondo quanto prescritto nelle norme CEI.

23.7 GUAINA FLESSIBILE CON SPIRALE IN ACCIAIO ZINCATO

Sarà costituito da un tubo flessibile a spirale in acciaio zincato a doppia aggraffatura con rivestimento esterno in guaina morbida di PVC autoestinguente con campo di temperatura di impiego da -15°C a +80°C. La guaina esterna dovrà presentare internamente delle nervature elicoidali in corrispondenza all'interconnessione fra le spire del tubo flessibile e ciò allo scopo di assicurare una perfetta aderenza ed evitare che si abbiano a verificare scorrimenti reciproci. Per il collegamento a tubi di altro tipo, canalette, cassette di derivazione o di morsettiere dei motori, contenitori etc., dovranno essere impiegati esclusivamente i raccordi metallici previsti allo scopo del costruttore e costituiti da: corpo (del raccordo), manicotto con filettatura stampata per protezione delle estremità taglianti e per la messa a terra, guarnizione conica, ghiera

di serraggio e controdado o manicotto filettato a seconda se il collegamento è con cassette, canalette o contenitori oppure con tubi filettati. In ogni caso non è ammesso bloccare le estremità del tubo flessibile con raccordi del tipo a clips serrate con viti.

23.8 TUBO IN PVC CON GIUNTI A BICCHIERE

Tubo rigido (non plastificato per scarichi) secondo norme EN 1401 e UNI EN1329. La raccorderia dovrà essere tutta conforme alle norme UNI EN del tipo a bicchiere, da incollare con appositi collanti che realizzino una saldatura chimica fra le parti. L'incollaggio dovrà avvenire seguendo le istruzioni del fabbricante e ponendo particolare attenzione nell'evitare la formazione di miscele esplosive con i solventi. Lungo le tratte di tubazioni diritte e orizzontali, ogni 20 metri al massimo, saranno installati dei pozzetti in cemento con chiusino pure in cemento, se entro le zone destinate a verde, o in ghisa se zone carrabili, cortili o pavimentate.

23.9 TUBO IN ACCIAIO ZINCATO LEGGERO

Sarà in acciaio trafilato con sezione perfettamente circolare zincato a fuoco e filettabile. Avrà le stesse caratteristiche dimensionali (diametro est. e spessore) del tubo di acciaio smaltato. Sarà impiegato per la sola posa in vista all'interno (a parete, a soffitto, nel controsoffitto o sotto pavimento sopraelevato). Nel caso di impiego per l'esecuzione di impianti "stagni" (grado di protezione non inferiore a IP 44) dovranno essere impiegati i seguenti accessori in acciaio zincato: per le giunzioni manicotti filettati o raccordi in tre pezzi; per i cambiamenti di direzione curve ampie con estremità filettate o curve ispezionabili stagne (oppure potrà essere adottato il sistema della piegatura diretta evitando però che si abbiano strozzature, diminuzioni della sezione e danneggiamenti della zincatura); per i collegamenti a canalette o contenitori ghiera e controghiera. Nel caso di impiego in impianti in cui non sia richiesta l'esecuzione stagna potranno essere impiegati manicotti, curve e raccordi in lega leggera di tipo apribile, serrati sul tubo con cavallotti e viti. Dovrà in ogni caso essere garantita la continuità elettrica fra le varie parti, ed essere effettuata la messa a terra alle estremità.

23.10 TUBAZIONI IN ACCIAIO INOX

Devono essere del tipo in acciaio inox, con le pareti interne completamente lisce e prive di qualsiasi asperità, per facilitare l'infilaggio dei cavi elettrici evitandone le possibili abrasioni.

Sono di tipo filettabile e fornite complete di manicotto.

23.11 CAVIDOTTO IN PVC/PE CORRUGATO PER POSA INTERRATA

Sarà della serie pesante con grado di compressione minima di 450N conforme alle tabella UNEL 37118 e alla norma CEI 23-46. Sarà in materiale autoestinguente provvisto di marchio IMQ. Sarà impiegato esclusivamente per la posa interrata curando che in tutti i punti risulti ricoperto da almeno 70 cm lungo le tratte e 40 cm in prossimità dei pozzetti. Lungo le tratte, almeno ogni 25-35m, saranno installati dei pozzetti in cemento con chiusino pure in cemento se entro le zone a verde; in ghisa se zone carrabili, cortili o pavimentate. Sarà dotato di cavetto interno in acciaio zincato.

23.12 CANALE O PASSERELLA IN ACCIAIO INOX

Le passerelle dovranno essere di tipo con bordo rinforzato e arrotondato, in acciaio inox AISI 304. Le passerelle saranno fornite complete di staffe, giunti, pezzi speciali e mensole di sostegno di tipo regolabile in altezza costruite con lamiera di acciaio inox AISI 304 con spessore adeguato all'entità dei pesi installati all'interno del canale.

La distanza fra due sostegni non dovrà essere superiore a 1,5 m: in ogni caso comunque i sistemi d'assemblaggio ed i loro accessori dovranno essere forniti completi di bulloneria in numero totale da soddisfare, con il massimo carico ammissibile, la seguente formula:

$f < D/300$

dove:

f = freccia

D = interdistanza tra due punti di fissaggio consecutivi

Il sistema di fissaggio alla volta della galleria dovrà essere dimensionato per un carico pulsante che, oltre al fenomeno della trazione, considerata anche la presenza delle vibrazioni dovute ai mezzi in transito.

Il dimensionamento dei tasselli dovrà essere fatto in base al peso della struttura del sistema di cavidotto attrezzato, delle linee in cavo e delle apparecchiature corredate degli accessori di dotazione, maggiorato di un coefficiente di sicurezza non inferiore a 2.

La distanza della canaletta dal soffitto o da un'altra sovrapposta dovrà essere di almeno 200 mm. Il collegamento fra due tratti dovrà avvenire mediante giunti di tipo telescopico o ad incastro in modo da ottenere la perfetta continuità del piano di scorrimento dei cavi ed evitarne l'abrasione durante la posa oppure impiegando giunti ad angolo di tipo esterni e piastre coprigiunto interne. Per eseguire cambiamenti di direzione, variazioni di quota, di larghezza, ecc., dovranno essere impiegati gli accessori allo scopo previsti dal costruttore in modo da ridurre al minimo, e per dimostrata necessità, gli interventi quali tagli, piegature, ecc. In ogni caso gli spigoli che possono danneggiare i cavi dovranno essere protetti con piastre terminali coprifilo. Per

il collegamento delle varie parti dovranno essere impiegati non meno di quattro bulloni in acciaio inox di tipo con testa tonda e larga posta all'interno della canaletta e muniti di rondella. Nel caso fosse necessario il coperchio, questo verrà indicato di volta in volta nel computo metrico estimativo o nella specifica dei materiali e dovrà essere asportabile per tutta la lunghezza anche in corrispondenza degli attraversamenti di pareti.

23.13 CANALE O PASSERELLA IN ACCIAIO INOX CON COPERCHIO

Vale, in generale, quanto descritto per la canaletta di tipo aperto. La canaletta sarà dotata di coperchio fissato o a scatto o mediante moschettoni e asportabile per tutta la lunghezza anche in corrispondenza agli attraversamenti di pareti. Di volta in volta risulta precisato sui disegni o nel computo metrico il grado di protezione richiesto. Particolare cura dovrà essere posta affinché non risulti abbassato in corrispondenza di giunzioni, collegamenti con tubi eventualmente derivantesi dalla canaletta, cassette di derivazione, contenitori, etc.

23.14 CANALE IN PVC AUTOPORTANTE

Sarà in PVC rigido autoestinguente (classe 1 min) munita di fori sul fondo; l'altezza dei fianchi non dovrà essere inferiore a 40 mm e lo spessore almeno pari a 3 mm. Tutti gli accessori per la composizione del canale (curve, incroci, riduzioni, etc.) saranno dello stesso materiale. Tutti i sistemi di sospensione (mensole, staffe, supporti) saranno in acciaio zincato o inossidabile a seconda del grado di aggressività dell'ambiente. Le minuterie quali viti, bulloni, etc., saranno in nylon o in acciaio inossidabile. La distanza fra due sostegni non dovrà essere maggiore di 1,5 m; la freccia di inflessione non dovrà superare comunque il valore di 10 mm. In corrispondenza ai punti di giunzione fra le varie parti dovranno essere previsti dei giunti di unione. Le giunzioni potranno essere eseguite anche per saldatura a caldo purché sia garantita una resistenza meccanica non inferiore a quella ottenuta con i giunti. Sarà dotata di coperchio asportabile per tutta la lunghezza e fissato a scatto nonché completa di setti separatori.

Le canalizzazioni possono essere posate:

- In vista a battiscopa: complete di coperchio potranno essere utilizzate come canale attrezzato con scatole portafrutti componibili;
- In vista a parete e/o soffitto: complete di coperchio potranno essere utilizzate per distribuzione principale e secondaria in particolari applicazioni ed ambienti.

Qualora le canalette fossero destinate a contenere conduttori facenti parte di servizi diversi (impianti di potenza ed impianti speciali) dovranno essere provviste di setti di separazione continui anche in corrispondenza di cambiamenti di direzione e all'imbocco delle cassette di derivazione e delle scatole portafrutti.

23.15 CANALE IN PVC AUTOPORTANTE CON COPERCHIO

Vale in generale quanto descritto per la canaletta di tipo aperto. Sarà completamente chiusa (grado di protezione non inferiore a IP40) dotata di coperchio asportabile per tutta la lunghezza e fissato a scatto oppure mediante moschettoni o ganci, o clips in acciaio inossidabile e completa di setti separatori. Non dovrà essere abbassato il grado di protezione richiesto in corrispondenza ai punti di giunzione fra i vari tratti, nei collegamenti con tubazioni, cassette, ecc.

24 CASSETTE DI DERIVAZIONE

24.1 GENERALITÀ

I coperchi delle cassette devono essere fissati con viti antiperdenti. I cavi e le giunzioni posti all'interno delle cassette non devono occupare più del 50% del volume interno della cassetta. Le connessioni (giunzioni e derivazioni) vanno eseguite con appositi morsetti senza ridurre la sezione dei conduttori e senza lasciare parti conduttrici scoperte (inaccessibilità al dito di prova e quindi grado di protezione almeno IPXXB). Le giunzioni effettuate tramite attorcigliamento e nastratura non sono ammesse. Non devono essere effettuate giunzioni e derivazioni entro tubi. Possono invece essere effettuate giunzioni nei canali, solo nel caso di collegamenti aventi lunghezza maggiore della pezzatura di fabbrica, purché le parti attive siano inaccessibili al dito di prova e purché i cavi uniti abbiano lo stesso colore. Non devono inoltre essere realizzate giunzioni entro le scatole porta-apparecchi. E' ammesso l'entra esci sui morsetti di prese purché esistano doppi morsetti o morsetti dimensionati per ricevere la sezione totale dei conduttori da collegare senza ridurne la sezione. Le cassette di giunzione installate all'esterno devono avere grado di protezione almeno IP44 e devono essere poste ad almeno 200 mm dal suolo. Per evitare pericolosi fenomeni di condensa, le tubazioni interrate devono essere sigillate prima di essere allacciate a quadri o cassette.

Le derivazioni potranno, su esplicita richiesta, essere effettuate all'esterno di cassette a mezzo di morsetti a perforazione dell'isolante, ovvero con morsetti a guscio. Per ogni tipologia di morsettiera la tensione di isolamento dovrà comunque essere coerente con quelle dei cavi che vi saranno attestati.

Nella stessa cassetta potranno attestarsi, salvo deroghe, solamente cavi appartenenti allo stesso servizio (luce, FM, speciali).

Tra due cassette di transito non devono esserci più di una curva o comunque curve con angoli≥ 90°.

Nei tracciati rettilinei le casette andranno poste con interdistanza massima pari a 5 m.

Salvo diversa indicazione degli altri elaborati di progetto relativi ai singoli contratti applicativi, o diversa indicazione della DL, per ogni locale (o coppia di locali adiacenti o affacciati) dovrà essere installata una cassetta di derivazione collocata lungo lo sviluppo del collegamento dorsale.

Tutte le cassette di derivazione dovranno essere contrassegnate in modo chiaro con le sigle riportate più oltre. La siglatura dovrà essere fatta impiegando timbri di tipo componibile costituiti da caratteri di almeno 10 mm di altezza ed impiegando inchiostro di tipo indelebile. Le sigle dovranno essere poste sulla superficie interna del coperchio di ciascuna cassetta solamente nel caso di cassette installate su pareti o superfici che sicuramente saranno tinteggiate. Per le altre, le sigle dovranno essere poste sulla superficie esterna. Cassette destinate a impianti e/o servizi diversi dovranno riportare le sigle di tutti gli impianti. Le sigle da utilizzare sono le seguenti:

Illuminazione normale: L(N)

Illuminazione privilegiata: L(P)

Illuminazione di sicurezza: L(S)

Illuminazione in genere: L

Circuiti FM normale: FM(N)

Circuiti FM privilegiata: FM(P)

Forza motrice in genere: FM

Circuiti di potenza a tensione nominale diversa (es. 12 V c.a. oppure 24 V c.c.): 12ca (24cc)

Impianti speciali di sicurezza (rivelazione fumi, antintrusione, TVCC, radio, controllo accessi): SPS

Impianti speciali di comunicazione (trasmissione dati, TVCC, citofonico, diffusione sonora): SPC

Impianti speciali in genere: SP

24.2 CASSETTE DI DERIVAZIONE IN ACCIAIO INOX

Dovranno essere costruite in acciaio inox AISI 304 o AISI 316L o in fusione, avere grado di protezione IP65, elevata resistenza al calore, equipotenzializzate con l'impianto di terra se necessario.

Qualora siano dotate di morsettiera di derivazione questa dovrà essere in porcellana con sedi di serraggio adeguate alla sezione dei cavi di linea.

24.3 CASSETTE DI DERIVAZIONE RESISTENTI AL FUOCO

Dovranno essere realizzate in pressofusione di alluminio o in acciaio inox, avere grado di protezione IP66, elevata resistenza al calore (850° C per 90 minuti), grado minimo di protezione contro gli urti IK07.

Qualora siano dotate di morsettiera di derivazione questa dovrà essere in porcellana con sedi di serraggio adeguate alla sezione dei cavi di linea.

In particolare le cassette per gli impianti di ventilazione dovranno essere adatte per una tensione di esercizio di 1000V.

24.4 CASSETTE DI DERIVAZIONE STAGNE DA ESTERNO IN PVC

Saranno di costruzione robusta con grado di protezione IP adeguato alla loro ubicazione.

Saranno in materiale isolante a base di PVC autoestinguente. Nei locali umidi o bagnati è ammesso solo l'impiego del tipo di materiale isolante. Saranno dotate di coperchio fissato con viti o con in sistema a 1/4 di giro o equivalente. Le viti dovranno essere rese imperdibili, essere in acciaio inossidabile o in ottone o comunque con trattamento superficiale contro la corrosione (cadmiatura, zincocromatura etc.). Non sono ammesse viti di tipo autofilettante. Saranno poste in opera in posizione tale da essere facilmente apribili ed ispezionabili curando in modo particolare che risultino allineate fra loro e parallele a pareti, soffitti, e spigoli dei locali. Dovranno essere fissate a parete o soffitto con non meno di due viti. Per quanto possibile, si dovrà cercare di unificare i tipi e dimensioni. Tutte le tubazioni protettive dovranno entrare dai fianchi delle cassette. L'ingresso dovrà avvenire esclusivamente attraverso i fori previsti dal costruttore e senza praticare allargamenti o produrre rotture sulle pareti. Il numero delle tubazioni entranti o uscenti da ciascuna cassetta non dovrà, pertanto essere superiore a quello di fori stessi. In tali cassette il taglio dei passatubi in plastica morbida dovrà avvenire in modo che ne risulti un foro circolare e non sia abbassato il grado di protezione. Tali passatubi dovranno essere asportati per introdurre tubazioni di diametro superiore a quello previsto dal costruttore. Le tubazioni dovranno sporgere all'interno della cassetta per circa 0.5 cm, le parti più sporgenti dovranno essere tagliate prima dell'infilaggio dei cavi. Setti di separazione fissi dovranno essere previsti in quelle cassette cui fanno capo impianti con tensioni nominali diverse. In nessun caso, salvo deroghe ed accorgimenti da definire, le cassette destinate all'impianto telefonico, interfonico, trasmissione dati, TVCC potranno essere utilizzate per qualche altro tipo di impianto. Tutte le derivazioni e le giunzioni sui conduttori dovranno essere eseguite entro le cassette; non è ammesso pertanto eseguirle nelle scatole di contenimento di prese interruttori etc. oppure entro gli apparecchi illuminati o nelle tubazioni protettive. Le derivazioni saranno effettuate mediante morsettiere fisse oppure di tipo componibile montate su guida di tipo unificato. Il serraggio dei conduttori dovrà essere a vite con l'interposizione di una piastrina metallica. Non sono ammessi collegamenti eseguiti con nastrature o con morsetti a cappuccio.

24.5 CASSETTE DI DERIVAZIONE METALLICHE

Saranno di costruzione robusta con grado di protezione IP adeguato alla loro ubicazione.

Saranno dotate di coperchio fissato con viti o con in sistema a 1/4 di giro o equivalente. Le viti dovranno essere rese imperdibili, essere in acciaio inossidabile o in ottone o comunque con trattamento superficiale contro la corrosione (cadmiatura, zincocromatura etc.). Non sono ammesse viti di tipo autofilettante. Saranno poste in opera in posizione tale da essere facilmente apribili ed ispezionabili curando in modo particolare che risultino allineate fra loro e parallele a pareti, soffitti, e spigoli dei locali. Dovranno essere fissate a parete o soffitto con non meno di due viti. Per quanto possibile, si dovrà cercare di unificare i tipi e dimensioni. Tutte le tubazioni protettive dovranno entrare dai fianchi delle cassette. L'ingresso dovrà avvenire esclusivamente attraverso i fori previsti dal costruttore e senza praticare allargamenti o produrre rotture sulle pareti.

Il numero delle tubazioni entranti o uscenti da ciascuna cassetta non dovrà, pertanto essere superiore a quello di fori stessi. In tali cassette il taglio dei passatubi in plastica morbida dovrà avvenire in modo che ne risulti un foro circolare e non sia abbassato il grado di protezione. Tali passatubi dovranno essere asportati per introdurre tubazioni di diametro superiore a quello previsto dal costruttore.

Dovranno essere fornite dal costruttore con i fori adeguati all'installazione, complete di morsetto di messa a terra adeguato al collegamento di un conduttore pari al maggiore dei conduttori di fase che vi fanno capo, con un minimo di 6 mm^2

Setti di separazione fissi dovranno essere previsti in quelle cassette cui fanno capo impianti con tensioni nominali diverse. In nessun caso, salvo deroghe ed accorgimenti da definire, le cassette destinate all'impianto telefonico, interfonico, trasmissione dati, TVCC potranno essere utilizzate per qualche altro tipo di impianto. Tutte le derivazioni e le giunzioni sui conduttori dovranno essere eseguite entro le cassette; non è ammesso pertanto eseguirle nelle scatole di contenimento di prese interruttori etc. oppure entro gli apparecchi illuminati o nelle tubazioni protettive. Le derivazioni saranno effettuate mediante morsettiere fisse oppure di tipo componibile montate su guida di tipo unificato. Il serraggio dei conduttori dovrà essere a vite con l'interposizione di una piastrina metallica. Non sono ammessi collegamenti eseguiti con nastrature o con morsetti a cappuccio.

25 ULTERIORI PRESCRIZIONI SULLE OPERE

25.1 VERNICIATURE

Tutte le tubazioni, gli staffaggi, le carpenterie in acciaio se non zincate, devono essere verniciate con due mani di antiruggine, di differente colore previa spazzolatura e pulizia delle superfici.

Le tubazioni e gli staffaggi sono verniciate con una mano di primer se zincate e 2 di antiruggine se in acciaio nero, spessore 50 μm e quindi con due mani di smalto oleosintetico a finire nei colori distintivi dei fluidi convogliati.

25.2 ETICHETTATURA ED INDIVIDUAZIONE COMPONENTI

Onde facilitare e consentire una facile lettura dell'impianto, l'Appaltatore deve individuare ed etichettare tutte le apparecchiature ed i circuiti degli impianti eseguiti, quali quadri elettrici

Le targhette debbono essere realizzate in alluminio serigrafato dimensioni 120x60 mm, con scritte nere e devono essere installate sui componenti a mezzo di viti, collari o catenelle, in posizione ben visibile.

Inoltre devono essere accuratamente indicate le posizioni che dovranno assumere le valvole, gli interruttori, i selettori, etc.

Devono inoltre essere individuati tutti i circuiti idraulici ed elettrici, a mezzo di etichette adesive colorate, dimensioni 150x50 mm; le etichette debbono riportare il nome del circuito.

25.3 MATERIALI PER OPERE METALLICHE

I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, brecciature, paglie o da qualsiasi altro difetto di fusione, laminazione, trafilature, fucinatura e simili. Essi dovranno avere tutte le caratteristiche previste nelle Norme Tecniche per la costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e relativa Circolare 2 febbraio 2009 (n° 617) e da tutte le norme UNI vigenti e presentare inoltre, seconda della loro quantità, i requisiti indicati ai paragrafi seguenti.

25.4 FERRO

Il ferro comune dovrà essere di prima qualità, eminentemente duttile e tenace e di marcatissima struttura fibrosa. Esso dovrà essere malleabile, liscio alla superficie esterna, privo di screpolature, senza saldature aperte, e senza altre soluzioni di continuità.

25.5 CARPENTERIE IN ACCIAIO

L'Impresa sarà tenuta all'osservanza delle Norme Tecniche per la costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e relativa CIRCOLARE 2 febbraio 2009 (n° 617) e di tutte le norme UNI vigenti, applicabili.

Per quanto applicabili e non in contrasto con le suddette Norme, si richiamano qui espressamente anche le seguenti Norme UNI:

- UNI 7070/82 relativa ai prodotti laminati a caldo di acciaio non legato di base e di qualità;
- UNI 10011/88 relativa alle costruzioni in acciaio, recante istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione;
- CNR 10016-85 relativa alle strutture miste in acciaio-calcestruzzo.

I materiali impiegati nella costruzione di strutture in acciaio dovranno essere "qualificati", la marcatura dovrà risultare leggibile ed il produttore dovrà accompagnare la fornitura con l'attestato di controllo e la dichiarazione che il prodotto è qualificato.

Prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori, in copia riproducibile i disegni costruttivi di officina delle strutture, nei quali dovranno essere completamente definiti tutti i dettagli di lavorazione, ed in particolare:

- I diametri e la disposizione dei bulloni, nonché dei fori relativi;
- Le coppie di serraggio dei bulloni ad alta resistenza;
- Le classi di qualità delle saldature;
- Il progetto e le tecnologie di esecuzione delle saldature, e specificatamente: le dimensioni dei cordoli, le caratteristiche dei procedimenti, le qualità degli elettrodi;
- Gli schemi di montaggio e controfrecce di officina.

Sui disegni costruttivi di officina dovranno essere inoltre riportate le distinte dei materiali, nelle quali sarà specificato numero, qualità, tipo di lavorazione, grado di finitura, dimensioni e peso teorico di ciascun elemento costituente la struttura. L'Impresa dovrà inoltre far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare, la loro provenienza con riferimento alle distinte di cui sopra.

È facoltà della Direzione dei Lavori di sottoporre il progetto, le tecnologie di esecuzione delle saldature, alla consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura, o di altro Ente di sua fiducia.

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 dal D.M. 27/7/1985 e successivi aggiornamenti, e tenendo conto delle eventuali raccomandazioni dell'Ente di consulenza.

Consulenza e controlli saranno eseguiti dagli Istituti indicati dalla Direzione Lavori.

Si precisa che tutti gli acciai dei gradi B, C e D, da impiegare nelle costruzioni, saranno da sottoporre, in sede di collaudo tecnologico, al controllo della resilienza.

25.6 SALDATURE

Saldature a cordone d'angolo e/o a completa penetrazione di prima classe secondo quanto previsto dal delle Norme Tecniche per la costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e da tutte le norme UNI vigenti.

Quando richiesto dalla D.L., la fornitura dovrà essere accompagnata dai certificati relativi all'esame radiografico eseguito in officina.

Il Direttore dei lavori potrà a cura e spese dell'impresa ordinare in cantiere ulteriori controlli radiografici e ultrasonori per verificare la classe di appartenenza delle saldature eseguite.

In numero e l'estensione dei controlli magnetici da eseguire sui cordoni ad angolo verrà stabilita dal Direttore dei Lavori, e dovranno essere eseguiti a cura dell'impresa.

25.7 BULLONATURE

L'Impresa sarà tenuta all'osservanza delle Norme Tecniche per la costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e di tutte le norme UNI vigenti.

I collegamenti bullonati dovranno essere eseguiti con bulloni ad alta resistenza di classe indicata negli elaborati di progetto relativi ai singoli contratti applicativi e/o indicata dalla D.L.

Rosette e piastrine dovranno essere realizzate con acciaio di tipo e classe prescritti negli elaborati di progetto relativi ai singoli contratti applicativi e/o indicati dalla D.L.

25.8 ACCIAI INOSSIDABILI

La composizione e le caratteristiche meccaniche dei vari tipi di acciaio impiegati devono corrispondere ai valori fissati dagli standard AISI (American Iron Steel Institute) c/o ACI (Alloy Casting Institute).

Il tipo di acciaio sarà quello prescritto negli elaborati progettuali relativi ai singoli contratti applicativi. Per quanto riguarda i controlli ed i prelievi su questi materiali vale quanto detto nel paragrafo precedente.

In particolare, ove non diversamente specificato, si prescrive l'utilizzo di acciaio inossidabile austenitico a basso contenuto di carbonio con sigla italiana X2CrNiMo17 12, corrispondente alla

classe AISI 316L, che sia conforme alla norma EN 10088 – 3, con classe di resistenza C700 (tensione di snervamento incrementata fyk = 350 N/mm2, tensione ultima di trazione incrementata fuk = 700 N/mm2).

In ambienti non aggressivi la D.L. potrà autorizzare l'utilizzo di acciaio inox di classe AISI 304L (o 304 se non sono previste saldature).

I metalli da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da imperfezioni sia superficiali che interne (scorie, soffiature, bolle) e da qualsiasi altro difetto di fusione.

Gli acciai inox dovranno presentare il grado di finitura previsto, di norma sabbiatura; pallinatura o satinatura ottenuta mediante smerigliatura e preceduta da decapaggio con soluzione acida. In corrispondenza di cordoni di saldatura o in altri punti particolari, la smerigliatura dovrà essere preceduta da rimozione dei residui del fondente e da sabbiatura.

Particolare cura dovrà essere posta nell'imballaggio delle lamiere e nella protezione superficiale mediante carta o plastica adesiva.

25.9 ACCIAI IN BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA B450 C

Gli acciai per armature di c.a. debbono corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabilite dalle Norme Tecniche per la costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e da tutte le norme UNI vigenti.

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dallo stesso D.M. sopraccitato. Dovrà essere privo di difetti ed inquinamenti che ne pregiudichino l'impiego.

La D.L. dovrà, sottoporre a controllo in cantiere le barre ad aderenza migliorata FeB38K e FeB44K in conformità a quanto citato dal succitato decreto.

Anche in questo caso i campioni verranno prelevati in contraddittorio con l'impresa ed inviati a cura della D.L. ed a spese dell'impresa ad un Laboratorio Ufficiale.

La D.L. darà benestare per la posa in opera delle partite sottoposte all'ulteriore controllo in cantiere soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e ne avrà constatato l'esito positivo.

Nel caso di esito negativo si procederà come indicato nel D.M. 14 gennaio 2008 sopraccitato.

Qualora l'Appaltatore intenda effettuare la sagomatura e/o l'assemblaggio delle barre al di fuori del cantiere dovrà rivolgersi ad un centro di trasformazione di cui al punto 11.3.1.7 del DM 14/01/2008.

In tal caso ogni fornitura dovrà essere accompagnata, oltre che dalla documentazione sopraccitata anche dalla seguente:

- Da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- Dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dalla Direzione Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora la Direzione dei Lavori lo richieda, all'attestazione di cui sopra potrà seguire copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

25.10 RETI IN ACCIAIO ELETTRO-SALDATO

Le reti di tipo normale dovranno avere diametri compresi fra 4 e 12 mm e, se previsto, essere zincate in opera; le reti di tipo inossidabile dovranno essere ricoperte da pi- strati di zinco (circa 250 gr/mq) perfettamente aderenti alla rete; le reti laminate normali o zincate avranno un carico allo sfilamento non inferiore a 30-35kg/mmq. Tutte le reti elettro saldate da utilizzare in strutture di cemento armato avranno le caratteristiche richieste dal citato Norme Tecniche per le costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008.

26 ACCETTAZIONE, QUALITÀ ED IMPIEGO DEI MATERIALI

I materiali e i componenti devono corrispondere alle prescrizioni del presente capitolato speciale e dell'insieme degli altri elaborati progettuali relativi ad ogni singolo contratto applicativo, ferma restando l'osservanza delle norme di legge, del CEI, dell'UNI e delle tabelle UNEL o normative europee equivalenti.

Qualora nel corso dei lavori la normativa tecnica fosse oggetto di revisione, l'Impresa è tenuta a darne immediato avviso alla DL e a concordare quindi le eventuali modifiche per l'adeguamento degli impianti alle nuove prescrizioni.

Tutti i componenti dovranno essere provvisti di marcatura CE.

Se richiesto dalla DL, la Ditta dovrà fornire i cataloghi e le specifiche tecniche delle apparecchiature da installare, dalle quali risultino chiaramente tutte le caratteristiche tecniche, prestazionali e dimensionali delle stesse.

Essi devono essere della migliore qualità: possono essere messi in opera solamente dopo l'accettazione del Direttore dei lavori; in caso di controversia, si procede ai sensi dell'art. 137 del Regolamento Generale.

Tutti i materiali ed i componenti dopo il loro arrivo in cantiere o comunque prima della relativa contabilizzazione dovranno essere approvati dalla D.L./S.A.

L'accettazione dei materiali e dei componenti, da parte della DL, è definitiva solo dopo la loro posa in opera. Il Direttore dei lavori può rifiutare in qualunque tempo i materiali e i componenti deperiti dopo la introduzione in cantiere, o che per qualsiasi causa non fossero conformi alle caratteristiche tecniche risultanti dai documenti allegati al contratto; in questo ultimo caso l'appaltatore deve rimuoverli dal cantiere e sostituirli con altri a sue spese.

Ove l'appaltatore non effettui la rimozione nel termine prescritto dal Direttore dei lavori, la stazione appaltante può provvedervi direttamente a spese dell'appaltatore, a carico del quale resta anche qualsiasi onere o danno che possa derivargli per effetto della rimozione eseguita d'ufficio.

Anche dopo l'accettazione e la posa in opera dei materiali e dei componenti da parte dell'appaltatore, restano fermi i diritti e i poteri della stazione appaltante in sede di collaudo.

L'appaltatore che nel proprio interesse o di sua iniziativa abbia impiegato materiali o componenti di caratteristiche superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali, o eseguito una lavorazione più accurata, non ha diritto ad aumento dei prezzi e la contabilità è redatta come se i materiali avessero le caratteristiche stabilite.

Nel caso sia stato autorizzato per ragioni di necessità o convenienza da parte del direttore dei lavori l'impiego di materiali o componenti aventi qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o nella qualità, ovvero sia stata autorizzata una lavorazione di minor pregio, viene applicata una adeguata riduzione del prezzo in sede di contabilizzazione, sempre che l'opera sia accettabile senza pregiudizio e salve le determinazioni definitive dell'organo di collaudo.

Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie, ovvero specificamente previsti dal capitolato speciale d'appalto, sono disposti dalla direzione dei lavori o dall'organo di collaudo, imputando la spesa a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico. Per le stesse prove la direzione dei lavori provvede al prelievo del relativo campione ed alla redazione di apposito verbale di prelievo; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali riporta espresso riferimento a tale verbale.

Anas S.p.A.

Via Monzambano, 10 - 00185 Roma

www.stradeanas.it