

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD

1° LOTTO

Piovene Rocchette - Valle dell'Astico

PROGETTO DEFINITIVO

CUP	G21B1 30006 60005
WBS	B25.A31N.L1
COMMESSA	J16L1

COMMITTENTE



S.p.A. AUTOSTRADA BRESCIA VERONA VICENZA PADOVA
Area Costruzioni Autostradali

CAPO COMMESSA
PER LA PROGETTAZIONE
Dott. Ing. Sergio Mutti

PROGETTISTA



CONSORZIO RAETIA

CAPO PROGETTO:
Dott. Ing. Massimo Raccosta

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE TRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Massimo Raccosta

RESPONSABILE DEL COORDINAMENTO:
Dott. Ing. Andrea Renso

ELABORATO: **PARTE ECONOMICA**
CAPITOLATI
Capitolato speciale d'Appalto: Norme Tecniche - Opere civili - tomo 1

Progressivo	Rev.
02 03 01 003 00	

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione	SCALA:
00	MARZO 2017	PRIMA EMISSIONE	3TI PROGETTI - M.MATTA	M.SORGE	S.POSSATI	-
						NOME FILE: J16L1-02-01-01-001-0101-0PD-00.doc
						CM. PROGR. FG. LIV. REV.
						J16L1-02-03-01-003-0102-0PD-00

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO
PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL’ASTICO

Committente:



Progettazione:

CONSORZIO RAETIA



PROGETTO DEFINITIVO

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

NORME TECNICHE

TOMO 1

INDICE

1	PREMESSA	18
2	QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI	19
2.1	Generalità	19
2.2	Acqua	20
2.3	Leganti idraulici	20
2.4	Calci aeree - pozzolane	20
2.5	Ghiaie - ghiaietti - pietrischi - pietrischetti - sabbie per strutture in muratura ed in conglomerati cementizi	20
2.6	Pietrischi - pietrischetti - graniglie - sabbie - additivi da impiegare per pavimentazioni	21
2.7	Ghiaie - ghiaietti per pavimentazioni	21
2.8	Cubetti di pietra	21
2.9	Cordoni - bocchette di scarico - risvolti - guide di risvolto - scivoli per accessi	21
2.10	Scapoli di pietra da impiegare per fondazioni	21
2.11	Cottoli da impiegare per i selciati	22
	Pietra naturale	22
2.12	Pietre da taglio	22
2.13	Tufi	22
2.14	Materiali laterizi	22
2.15	Argilla espansa	22
2.16	Manufatti di cemento	23
2.17	Blocchi prefabbricati per vibro-compressione	23
2.18	Blocchi prefabbricati di cemento e argilla espansa faccia vista	23
2.19	Materiali ferrosi	23
2.20	Acciaio inossidabile	24
2.21	Acciaio zincato	24
2.22	Alluminio e leghe leggere	25
2.23	Alluminio anodizzato	25
2.24	Rame	25
2.25	Pellicole retroriflettenti	25
2.26	Prodotti plastici metacrilici	25
2.27	Tubazioni in pvc	26

2.28	Bitumi - emulsioni bituminose	26
2.29	Bitumi liquidi o flussati	26
2.30	Polveri di roccia asfaltica	26
2.31	Oli asfaltici	27
2.32	Vetri e cristalli	27
2.33	Teli di “geotessile”	28
2.34	Legnami	29
2.35	Materiali per opere in verde	29
3	INDAGINI PROVE IN SITU DI LABORATORIO	32
3.1	Indagini geognostiche	44
3.1.1	<i>Sondaggi geognostici</i>	44
3.1.1.1	<i>Pozzetti geognostici</i>	44
3.1.1.2	<i>Sondaggi geognostici a carotaggio continuo</i>	45
3.1.2	<i>Sondaggio geognostico ad andamento direzionato</i>	52
3.1.3	<i>Sondaggi verticali a distruzione di nucleo</i>	53
3.1.4	<i>Campionamento geotecnico nei sondaggi</i>	54
3.1.5	<i>Perforazione con registrazione dei parametri di perforazione</i>	57
3.2	PROVE IN SITU ED INSTALLAZIONE STRUMENTAZIONE	58
3.2.1	<i>Prove di penetrazione dinamica SPT</i>	58
3.2.2	<i>Prova penetrometrica dinamica continua DPSH</i>	60
3.2.3	<i>Prove penetrometriche statiche di tipo meccanico</i>	62
3.2.4	<i>Prove penetrometriche statiche di tipo elettrico</i>	64
3.2.5	<i>Prove penetrometriche statiche con piezocono</i>	66
3.2.6	<i>Prova penetrometrica con cono sismico</i>	68
3.2.7	<i>Prove scissometriche VT in foro di sondaggio</i>	69
3.2.8	<i>Prova pressiometrica</i>	72
3.2.9	<i>Prove di permeabilità in sondaggio tipo Lefranc</i>	76
3.2.10	<i>Prova di permeabilità in sondaggio tipo Lugeon</i>	77
3.2.11	<i>Piezometro di Casagrande</i>	80
3.2.12	<i>Piezometro a tubo aperto</i>	81
3.2.13	<i>Piezometro di tipo elettrico ed elettropneumatico</i>	82
3.2.14	<i>Piezometro D = 3”</i>	83
3.2.15	<i>Installazione di tubi inclinometrici</i>	84
3.2.16	<i>Installazione di colonne inclinometriche</i>	87
3.2.17	<i>Assestimetri ed altri strumenti</i>	88
3.2.18	<i>Prove di carico su piastra in terre</i>	91
3.2.19	<i>Prove di carico su piastra in roccia</i>	92
3.2.20	<i>Prove dilatometriche</i>	93
3.2.21	<i>Prova con martinetto piatto</i>	93

3.3	INDAGINI GEOFISICHE	94
3.3.1	<i>Prospezioni Sismiche</i>	94
3.3.1.1	<i>Prove Down-Hole</i>	94
3.3.1.2	<i>Prova Cross-Hole</i>	99
3.3.2	<i>Carotaggio sonico</i>	100
3.3.3	<i>Prospezioni sismiche a rifrazione</i>	101
3.3.4	<i>Prospezioni sismiche a riflessione</i>	101
3.3.5	<i>Prospezione sismica ibrida</i>	104
3.3.6	<i>Prospezione geotomografica</i>	105
3.3.7	<i>Prove per onde superficiali attive (MASW)</i>	107
3.3.8	<i>Prove per onde superficiali passive (Re.Mi)</i>	109
3.3.9	<i>Indagini di sismica passiva (HVSr)</i>	110
3.4	ALTRE METODOLOGIE GEOFISICHE	112
3.4.1	<i>Prospezioni geoelettriche</i>	112
3.4.2	<i>Tomografia elettrica</i>	114
3.4.3	<i>Prospezioni con georadar</i>	116
3.4.4	<i>Prospezioni gravimetriche/microgravimetriche</i>	119
3.5	PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO	120
3.5.1	<i>Prove Su Campioni Di Terra</i>	120
3.5.1.1	<i>Prescrizioni generali</i>	120
3.5.1.2	<i>Apertura ed estrazione di campione</i>	123
3.5.1.3	<i>Descrizione dei campioni</i>	123
3.5.1.4	<i>Determinazione dell'umidità del campione</i>	123
3.5.1.5	<i>Determinazione della massa volumica umida</i>	123
3.5.1.6	<i>Analisi granulometrica per vagliatura</i>	124
3.5.1.7	<i>Analisi granulometrica per sedimentazione di una terra</i>	124
3.5.1.8	<i>Determinazione del peso specifico dei grani</i>	124
3.5.1.9	<i>Determinazione dell'equivalente in sabbia</i>	124
3.5.1.10	<i>Classificazione di una terra per uso stradale</i>	125
3.5.1.11	<i>Prova di compattazione Proctor</i>	125
3.5.1.12	<i>Determinazione dell'indice di portanza CBR</i>	125
3.5.1.13	<i>Prova di compressione monoassiale (ELL)</i>	126
3.5.1.14	<i>Prova edometrica a gradini di carico</i>	126
3.5.1.15	<i>Prova di compressione non consolidata non drenata</i>	126
3.5.1.16	<i>Prova di compressione consolidata non drenata</i>	126
3.5.1.17	<i>Prova di compressione consolidata drenata</i>	126
3.5.1.18	<i>Prova di taglio diretto</i>	127
3.5.1.19	<i>Prova di taglio diretto residua</i>	127
3.5.1.20	<i>Prova di taglio anulare</i>	127
3.5.1.21	<i>Prova di permeabilità in laboratorio</i>	127

3.5.1.22	<i>Prova di rigonfiamento</i>	127
3.5.1.23	<i>Determinazione della resistenza al gelo per pietre naturali</i>	128
3.5.1.24	<i>Prova di colonna risonante</i>	128
3.5.1.25	<i>Prova triassiale ciclica</i>	128
3.5.1.26	<i>Prova di taglio torsionale ciclico</i>	128
3.5.2	<i>Prove Su Campioni Di Roccia</i>	129
3.5.2.1	<i>Prescrizioni generali</i>	129
3.5.2.2	<i>Point Load Test</i>	130
3.5.2.3	<i>Prova di compressione uniassiale</i>	130
3.5.2.4	<i>Prova di compressione triassiale</i>	130
3.5.2.5	<i>Prova di trazione indiretta “Brasiliana”</i>	130
3.5.2.6	<i>Prova Los Angeles</i>	131
3.5.2.7	<i>Prova di taglio diretto su giunto</i>	131
3.5.2.8	<i>Analisi petrografica sommaria</i>	131
3.5.3	<i>Determinazioni Delle Caratteristiche Chimiche E Mineralogiche</i>	131
3.5.3.1	<i>Contenuto in sostanze organiche</i>	131
3.5.3.2	<i>Tenore di carbonati</i>	131
3.5.3.3	<i>Valore di pH</i>	132
3.5.3.4	<i>Contenuto di cloruri</i>	132
3.5.3.5	<i>Tenore di solfati</i>	132
3.5.3.6	<i>Analisi diffrattometrica</i>	132
3.5.3.7	<i>Caratterizzazione delle terre per la determinazione dell’aggressività sui calcestruzzi</i>	132
3.5.3.8	<i>Caratterizzazione delle acque per la determinazione dell’aggressività sui calcestruzzi</i>	133
4	MOVIMENTI TERRA E DEMOLIZIONI	134
4.1	SCAVI	134
4.1.1	<i>Scotico</i>	134
4.1.2	<i>Scavi di sbancamento</i>	135
4.1.3	<i>Classificazione dei materiali di scavo</i>	137
4.1.4	<i>Sistemazione delle scarpate in trincea</i>	137
4.2	RILEVATI	139
4.2.1	<i>Scotico</i>	139
4.2.2	<i>Bonifica</i>	139
4.2.3	<i>Rilevati tradizionali</i>	144
4.2.4	<i>Rilevati in terra stabilizzata con leganti</i>	150
4.2.5	<i>Rilevati in terra rinforzata</i>	158
4.3	Dreni	167
4.3.1	<i>Dreni prefabbricati</i>	167
4.3.2	<i>Dreni in ghiaia</i>	169

4.3.3	<i>Dreni in sabbia</i>	170
4.3.4	<i>Rinterri</i>	171
4.3.5	<i>Sistemazione superficiale</i>	172
4.4	DEMOLIZIONI	173
4.4.1	<i>Piano della demolizione</i>	173
4.4.2	<i>Prescrizioni particolari per le demolizioni integrali o parziali di strutture complesse</i>	174
4.5	PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LE IDRODEMOLIZIONI	175
4.5.1	<i>Prescrizioni particolari per la demolizione della pavimentazione stradale in conglomerato bituminoso</i>	175
4.6	CONTABILIZZAZIONE E MISURAZIONE	176
4.6.1	<i>Scavi di sbancamento</i>	177
4.6.2	<i>Preparazione piano di posa dei rilevati</i>	177
4.6.3	<i>Realizzazione Rilevati Stradali</i>	178
4.6.4	<i>Stabilizzazione e Sistemazione di terreni con uso di Calce o Cemento</i>	178
4.6.5	<i>Realizzazione di dreni in sabbia</i>	178
4.6.6	<i>Realizzazione di pannelli drenanti prefabbricati</i>	179
4.6.7	<i>Fornitura e stesa di teli di Geotessile</i>	179
4.6.8	<i>Trasporti a discarica o da cava di prestito</i>	179
4.6.9	<i>Demolizione di murature</i>	179
4.6.10	<i>Demolizione integrale di fabbricati e di strutture in C.A. e C.A.P.</i>	180
4.6.11	<i>Demolizione di impalcati in C.A.P. o strutture similari in C.A., sia totali che parziali e/o a sezione obbligata</i>	180
4.6.12	<i>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</i>	180
4.6.13	<i>Demolizione di sovrastruttura stradale</i>	181
4.6.14	<i>Demolizione e asportazione giunti e della pavimentazione in corrispondenza dei giunti</i>	181
4.6.15	<i>Spicconatura di intonaco</i>	181
4.6.16	<i>Rimozione e demolizione strutture in acciaio</i>	181
4.7	CONTROLLO	182
4.7.1	<i>Disposizioni generali</i>	182
4.7.2	<i>Prove di laboratorio</i>	183
4.7.3	<i>Prove di controllo in fase esecutiva</i>	184
4.7.4	<i>Prove di controllo sul piano di posa</i>	184
4.7.5	<i>Controllo dei materiali riciclati da rifiuti speciali da demolizione edile</i>	188
4.7.6	<i>Prove di laboratorio</i>	188
4.7.7	<i>Prove in sito</i>	188
4.7.8	<i>Controllo dei materiali riciclati da rifiuti speciali industriali – scorie</i>	189

4.7.9	<i>Prove di laboratorio</i>	189
4.7.10	<i>Prove in sito</i>	189
4.7.11	<i>Telo Geotessile “tessuto non tessuto”</i>	189
4.7.12	<i>Controllo scavi</i>	190
4.7.13	<i>Controllo dreni prefabbricati</i>	191
4.7.14	<i>Controllo dreni in sabbia</i>	192
4.8	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	192
5	PAVIMENTAZIONI STRADALI	193
5.1	MISTO GRANULARE STABILIZZATO PER FONDAZIONE E/O SOTTOFONDAZIONE	200
5.1.1	<i>Caratteristiche dei materiali da impiegare</i>	200
5.1.2	<i>Studio preliminare</i>	201
5.1.3	<i>Modalità esecutive</i>	201
5.1.4	<i>Prove di portanza con piastra dinamica tipo LWD</i>	202
5.2	FONDAZIONE (SOTTOBASE) IN MISTO CEMENTATO CONFEZIONATO IN CENTRALE	203
5.2.1	<i>Caratteristiche dei materiali da impiegare</i>	203
5.2.1.1	<i>Inerti</i>	203
5.2.1.2	<i>Legante</i>	204
5.2.1.3	<i>Acqua</i>	204
5.2.2	<i>Studio della miscela</i>	204
5.2.3	<i>Modalità esecutive</i>	205
5.3	Fondazione (O Sottobase) In Misto Cementato O Calce, La Tecnica Della Miscelazione In Sito	207
5.3.1	<i>Caratteristiche dei materiali</i>	208
5.3.1.1	<i>Inerti</i>	208
5.3.1.2	<i>Legante</i>	209
5.3.1.3	<i>Acqua</i>	209
5.3.1.4	<i>Studio della miscela</i>	209
5.3.2	<i>Modalità Esecutive</i>	210
5.4	Fondazione O Sottobase Con Tecnica Del Bitume Schiumato Realizzato In Sito	212
5.4.1	<i>Caratteristiche Dei Materiali</i>	213
5.4.2	<i>Studio Della Miscela</i>	214
5.4.3	<i>Modalità esecutive</i>	215
5.5	Fondazione O Sottobase Con Tecnica Del Bitume Schiumato Realizzato In Impianto	217
5.5.1	<i>Caratteristiche dei materiali da impiegare</i>	217
5.5.2	<i>Studio Della Miscela</i>	218
5.5.3	<i>Modalità Esecutive</i>	219
5.6	Pavimentazione In Calcestruzzo Con Giunti A Lastre Non Armate	220

5.7 Leganti Bituminosi E Loro Modificati	220
5.7.1 LEGANTI BITUMINOSI SEMISOLIDI	220
5.7.2 BITUMI DI BASE	220
5.7.3 Bitumi Modificati	222
5.7.4 bitume per lavori di riciclaggio a freddo mediante tecnica dello schiumato	224
5.8 Emulsioni Bituminose	225
5.8.1 Emulsioni Bituminose (Cationiche Non Modificate) Per Mano Di Attacco	225
5.8.2 Emulsioni Bituminose Modificate Per Lavori Di Riciclaggio A Freddo (Er)	226
5.8.3 Attivanti Chimici Funzionali (ACF)	227
5.8.4 Attivanti Di Adesione (Dopes, DP)	228
5.8.5 Fibre Per Il Rinforzo Strutturale Del Bitume (FB)	228
5.8.6 Tabella Sinottica Dei Materiali Leganti E Loro Additivi	229
5.9 Normative Per La Determinazione Delle Caratteristiche Dei Leganti Bituminosi Di Cui Ai Punti Precedenti	230
5.10 Conglomerati Bituminosi A Caldo	231
5.10.1 Conglomerati Bituminosi Di Base, Basebinder, Binder, Usura	231
5.10.1.1 Descrizione	232
5.10.1.2 BITUME	232
5.10.1.3 MATERIALI INERTI	232
5.10.1.4 AGGREGATO GROSSO (PEZZATURE DA 4 A 31,5 mm)	232
5.10.1.5 AGGREGATO FINO (PEZZATURE INFERIORI A 4 mm)	233
5.10.1.6 ADDITIVI	234
5.10.1.7 MISCELE	234
5.11 Conglomerato Bituminoso Per Strati Di Usura Drenante E Drenante Alleggerito Con Argilla Espansa	246
5.11.1 Aggregati	247
5.11.2 Miscela	248
5.11.3 Requisiti Di Accettazione	249
5.11.4 Formazione E Confezione Delle Miscele	250
5.11.5 Posa In Opera Delle Miscele	251
5.11.6 Produzione, Trasporto E Posa Con Tecnologia A Tiepido	252
5.12 Conglomerato Bituminoso Di Base Con Polverino Di Gomma	252
5.12.1 Descrizione	252
5.12.2 Materiali Inerti	253
5.12.3 Polverino Di Gomma Da PFU	253
5.12.4 Bitume Modificato Hard Ad Alta Lavorabilità	254
5.12.5 Miscela	254
5.12.6 Controllo Dei Requisiti Di Accettazione	256
5.12.7 Formazione E Confezione Delle Miscele	257
5.12.8 Posa In Opera Delle Miscele	257
5.13 Controllo Sulla Qualita' Della Compattazione Delle Miscele	259

5.14	Requisiti Di Laboratorio Sottoposti A Detrazione	259
5.15	Rigenerazione A Freddo In Sito O Tramite Impianto Mediante Emulsione Bituminosa Modificata	262
5.15.1	<i>Materiali Inerti</i>	262
5.15.2	<i>Legante E Additivi</i>	262
5.15.3	<i>Studio Della Miscela</i>	263
5.15.4	<i>Controllo Dei Requisiti Di Accettazione</i>	264
5.15.5	<i>Formazione E Confezione Delle Miscele</i>	265
5.15.6	<i>Posa In Opera Della Miscela</i>	266
5.16	Trattamenti Superficiali	266
5.16.1	<i>Risagomatura Delle Deformazioni Superficiali Mediante Impiego Di Microtappeti In Conglomerato Bituminoso A Caldo</i>	266
5.17	Trattamenti Di Irruvidimento Con Sistemi Meccanici	269
5.17.1	<i>Irruvidimento Per Migliorare L'aderenza</i>	269
5.17.2	<i>Irruvidimento mediante pallinatura</i>	269
5.17.3	<i>Irruvidimento per variare la rumorosità</i>	269
5.18	Microtappeti A Freddo Tipo "SLURRY - SEAL" (MACRO-SEAL)	270
5.18.1	<i>Descrizione</i>	270
5.18.2	<i>Inerti</i>	270
5.18.3	<i>Additivi</i>	271
5.18.4	<i>Miscele</i>	271
5.18.5	<i>Malta Bituminosa</i>	271
5.18.6	<i>Composizione E Dosaggi Della Miscela</i>	272
5.18.7	<i>Acqua</i>	272
5.18.8	<i>Confezionamento E Posa In Opera</i>	272
5.19	Controllo Requisiti Di Accettazione Delle Pavimentazioni	274
5.19.1	<i>Premesse</i>	274
5.19.2	<i>Aderenza E Tessitura</i>	275
5.19.3	<i>Regolarità</i>	277
5.19.4	<i>Portanza</i>	279
5.19.5	<i>Valutazione Degli Spessori Degli Strati In Conglomerato Bituminoso Di Una Pavimentazione Stradale</i>	283
5.19.6	<i>Applicazione Di Eventuali Penali Multiple</i>	285
5.20	Drenaggi	286
5.20.1	<i>DRENAGGI TRADIZIONALI (ESTERNI ALLE ZONE PAVIMENTATE)</i>	286
5.20.2	<i>Drenaggi Con Filtro In "Non Tessuto" (Esterni Alle Zone Pavimentate O Effettuati Prima Di Stendere Le Pavimentazioni)</i>	286
5.20.3	<i>Drenaggi A Scavo Automatizzato E Con Riempimento In Calcestruzzo Poroso (Per Drenare Zone Gia' Pavimentate)</i>	287
5.21	Sigillatura Di Lesioni O Giunti Di Strisciata	288

5.21.1	<i>Sigillatura Delle Lesioni Della Pavimentazione Eseguita Con Bitume Modificato E Lancia Termica</i>	288
5.21.2	<i>Sigillatura Delle Lesioni Delle Pavimentazioni Eseguita Con Nastro Bituminoso Preformato E Autoadesivo</i>	289
5.21.3	<i>Sigillatura Della Linea Di Contatto Tra Cordolo E Pavimentazione Nei Ponti E Viadotti Eseguita Con Bitume Modificato E Lancia Termica</i>	290
5.22	Armatura Di Giunti Longitudinali Per Ridurre La Trasmissione Delle Fessure E Gestione Degli Scavi Per Sottoservizi	290
5.22.1	<i>Caso Del Giunto Longitudinale</i>	290
5.22.2	<i>Chiusura Degli Scavi Risultanti Da Interventi Per Sottoservizi</i>	291
5.22.3	<i>Chiusura Dello Scavo Temporaneo Per La Sicurezza Della Circolazione Stradale</i>	291
5.22.4	<i>Chiusura Definitiva Con Reintegro Delle Condizioni Originali Della Sede Stradale</i>	291
5.22.5	<i>Caso Del Giunto Trasversale (Inizio E Fine Lavorazioni Di Pavimentazioni Nuove In Continuazione Delle Pavimentazioni Esistenti)</i>	292
5.22.6	<i>Riparazione Superfici Degradate Di Limitata Estensione</i>	292
6	GALLERIE	294
6.1	Oneri e Prescrizioni Generali	295
6.2	Normativa Di Riferimento	298
6.3	Scavi	298
6.3.1	<i>Scavi a cielo aperto</i>	298
6.3.1.1	<i>Scavo completamente a cielo aperto</i>	299
6.3.1.2	<i>Scavo parzialmente a cielo aperto</i>	299
6.3.2	<i>Scavi a foro cieco e in allargamento di gallerie esistenti</i>	300
6.3.2.1	<i>Scavo con esplosivo</i>	301
6.3.2.2	<i>scavo in presenza di acqua</i>	302
	<i>Indagini in avanzamento</i>	302
	<i>Iniezioni di impermeabilizzazione in avanzamento:</i>	303
	<i>Iniezioni di riempimento cavità carsiche:</i>	303
	<i>Sistema di impermeabilizzazione e drenaggio tipo 2 a drenaggio controllato:</i>	303
	<i>Rivestimenti definitivi e relativa impermeabilizzazione avvicinati al fronte (scavo in tradizionale):</i>	304
	<i>Prescrizioni generali:</i>	304
6.3.2.3	<i>Scavo Di Gallerie A Doppio Fornice</i>	305
6.3.3	<i>Scavo meccanizzato</i>	305
6.3.3.1	<i>caratteristiche della fresa</i>	305
6.3.3.2	<i>Prescrizioni tecniche macchine da scavo</i>	310
6.3.3.3	<i>Materiali</i>	311
6.3.3.4	<i>Rivestimenti</i>	311
6.3.3.5	<i>Prescrizioni</i>	314

6.3.4	<i>Scavo in ambienti grisutosi</i>	317
6.4	Interventi Di Presostegno e Preconsolidamento	319
6.4.1	<i>Preconsolidamento del fronte di scavo con tubi in vetroresina</i>	319
6.4.2	<i>Preconsolidamento mediante trattamenti colonnari (colonne consolidate jet-grouting)</i>	323
6.4.2.1	<i>Armatura delle colonne</i>	324
6.4.3	<i>Presostegno mediante infilaggi</i>	324
6.4.4	<i>Presostegno del contorno di scavo con tubi in acciaio autoproforanti con iniezioni dinamiche ad alta pressione</i>	328
6.4.5	<i>Consolidamento del terreno al contorno dello scavo mediante iniezioni di miscele cementizie</i>	328
6.4.6	<i>Precontenimento mediante volta continua in elementi tronco-conici (pretaglio)</i>	329
6.4.7	<i>Conglomerato cementizio spruzzato per la realizzazione di una volta continua in elementi tronco-conici (Pretaglio)</i>	330
6.5	Rivestimenti Di Prima Fase E Interventi Di Sostegno Del Cavo	331
6.5.1	<i>Centine metalliche, reti di acciaio a maglie elettrosaldate,</i>	331
6.5.2	<i>Ancoraggi</i>	332
6.5.3	<i>Rivestimento di prima fase</i>	332
6.5.3.1	<i>Rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio proiettato</i>	332
6.5.3.2	<i>Rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio proiettato fibrinforzato</i>	334
6.6	Rivestimenti Definitivi	334
6.6.1	<i>Rivestimento di seconda fase in conglomerato cementizio gettato in opera</i>	334
6.6.2	<i>Casseforme</i>	336
6.7	Impermeabilizzazioni	336
6.7.1	<i>Impermeabilizzazione con guaina in PVC</i>	337
6.7.2	<i>Water-stop idroespansivo</i>	339
6.7.3	<i>Giunto iniettato a tenuta idraulica per riprese di getto</i>	339
6.8	Drenaggi	340
6.8.1	<i>Canalette di raccolta</i>	341
6.8.2	<i>Tubi drenanti microfessurati</i>	341
6.8.3	<i>Calcestruzzo Drenante</i>	343
6.9	Monitoraggio	344
6.9.1	<i>Misure dall'interno del cavo</i>	346
6.9.2	<i>Misure dall'esterno del cavo</i>	349
6.9.3	<i>Monitoraggio in corso d'opera</i>	351
6.9.4	<i>Interpretazione e verifica in corso d'opera</i>	355
6.9.5	<i>Monitoraggio in fase di esercizio</i>	356
6.9.6	<i>Monitoraggio per scavo meccanizzato</i>	358

6.9.7	<i>Sistema di monitoraggio tramite stazione totale robotizzata (Versante Zona Marogna)</i>	359
6.10	Prove E Controlli	370
6.10.1	<i>Disposizioni generali</i>	370
6.10.2	<i>Scavi a cielo aperto</i>	371
6.10.3	<i>Scavi a foro cieco</i>	372
6.10.4	<i>Centine metalliche, reti di acciaio a maglie elettrosaldate e scalette di rinforzo</i>	373
6.10.5	<i>Ancoraggi</i>	373
6.10.6	<i>Conglomerato cementizio spruzzato</i>	373
6.10.7	<i>Conglomerato cementizio spruzzato fibrorinforzato</i>	374
6.10.8	<i>Conglomerato cementizio gettato in opera</i>	374
6.10.9	<i>Conci Prefabbricati per scavo meccanizzato</i>	374
6.10.9.1	<i>Prove di qualifica e norme di riferimento</i>	375
6.10.9.2	<i>Tolleranze dimensionali</i>	376
6.10.10	<i>Drenaggi</i>	380
6.10.11	<i>Impermeabilizzazione</i>	380
6.10.12	<i>Preconsolidamento del fronte di scavo</i>	381
6.10.13	<i>Iniezioni</i>	382
6.10.14	<i>Infilaggi</i>	384
6.10.15	<i>Jet – grouting</i>	385
6.10.16	<i>Precontenimento mediante volta continua in elementi tronco-conici (pretaglio)</i>	385
6.11	Norme Per La Misurazione E Contabilizzazione Dei Lavori	385
6.11.1	<i>Generalità</i>	385
6.11.2	<i>Scavi</i>	387
6.11.3	<i>Calcestruzzo spruzzato</i>	388
6.11.4	<i>Conglomerato cementizio gettato in opera</i>	389
6.11.5	<i>Impermeabilizzazione</i>	389
6.11.6	<i>Tiranti chiodi e bulloni</i>	389
6.11.7	<i>Drenaggi</i>	389
6.11.8	<i>Interventi di consolidamento</i>	389
6.11.9	<i>Trattamenti colonnari</i>	390
6.11.10	<i>Iniezioni</i>	390
6.11.11	<i>Perforazioni</i>	390
6.12	Appendice	391
6.12.1	<i>Prescrizioni per lo scavo in terreni grisutosi</i>	391
6.12.2	<i>Scavo a foro cieco in ambienti grisutosi</i>	391
6.12.3	<i>Lavorazioni di Monitoraggio Gas e Ventilazione in condizioni di scavo a foro cieco in ambienti grisutosi</i>	393
6.12.4	<i>Scavo Meccanizzato in ambienti grisutuosi</i>	400

6.12.5	<i>Stati di allarme e abbandono in gallerie grisutuose</i>	402
6.12.6	<i>Ispezione e manutenzione dei sistemi di controllo dell'esplosività dell'atmosfera</i>	405
7	REALIZZAZIONE ATTRAVERSAMENTI CONDOTTE CON TECNOLOGIA MICROTUNNELING	408
7.1	Generalità	408
7.2	Fasi Lavorative	409
7.3	Controlli E Misurazioni	410
8	MANUFATTI PER IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE	411
8.1	Vasche Settiche Tipo Imhoff	411
8.2	Sifone Di Cacciata Tipo Contarino	412
8.3	Impianti Di Depurazione Ad Ossidazione Totale	412
8.4	Disoleatore	413
8.4.1	<i>Per ricovero automezzi, stazione di lavaggio, officine, ecc.</i>	413
8.4.2	<i>Per trattamento acque meteoriche di piazzale</i>	414
8.5	Canne Fumarie	417
9	MURATURE	418
9.1	Caratteristiche Dei Materiali E Delle Lavorazioni	419
9.2	Modalità Esecutive	419
9.2.1	<i>Malte e intonaci</i>	419
9.2.2	<i>Murature di mattoni</i>	419
9.2.3	<i>Murature di pietrame a secco</i>	420
9.2.4	<i>Murature di pietrame e malta</i>	420
9.2.5	<i>Murature di calcestruzzo con pietrame annegato (calcestruzzo ciclopico)</i>	422
9.2.6	<i>Murature in pietra da taglio</i>	422
9.2.7	<i>Muratura in blocchi di cls</i>	424
9.2.8	<i>Tecniche di base per la posa</i>	424
9.2.8.1	Filo orizzontale	424
9.2.8.2	Posa del Primo Corso	424
9.2.8.3	Posa a giunti sfalsati ed a giunti verticali allineati (a sorella)	425
9.2.9	<i>Intonaci</i>	425
9.2.9.1	Intonaci eseguiti a mano	426
9.2.9.2	Intonaci eseguiti a spruzzo (gunita)	426
9.3	Prove E Controlli	426
9.3.1	<i>Controlli documentali</i>	427
9.3.2	<i>Prove di accettazione</i>	427
9.3.3	<i>Controlli sulla esecuzione</i>	427
9.4	Prove Di Carico E Collaudo	427

9.5	Manutenzione	427
9.6	Normativa Di Riferimento	427
9.7	Misurazione E Contabilizzazione	428
9.7.1	<i>Norme Generali</i>	428
9.7.2	<i>Criteri di misura</i>	429
9.7.2.1	Realizzazione di murature	429
9.7.2.2	Lavorazioni a faccia vista, stilatura di giunti, intonaci e rivestimenti	429
10	FONDAZIONI PROFONDE	430
10.1	Classificazione	431
10.1.1	<i>Diaframmi E Palancole</i>	431
10.1.2	<i>Pali E Micropali</i>	431
10.1.3	<i>Fondazioni A Pozzo</i>	432
10.2	Caratteristiche, Modalita' Di Esecuzione E Controlli Di Accettazione	432
10.2.1	<i>Diaframmi E Palancole</i>	432
10.2.1.2	Prove Di Carico Per I Soli Elementi Di Diaframma Con Funzione Portante Verticale	435
10.2.1.3	Prove Di Carico Laterale	435
10.2.1.4	Prove Su Pannelli Strumentati	436
10.2.2	<i>Palancole</i>	436
10.2.2.1	Controlli In Fase Esecutiva	437
10.2.3	<i>Materiali Da Utilizzare</i>	437
10.2.3.1	Conglomerato Cementizio	437
10.2.3.2	Armature Metalliche	438
10.2.3.3	Palancole Metalliche	438
10.2.4	<i>Pali E Micropali</i>	438
10.2.5	<i>Pali Trivellati</i>	438
10.2.5.1	Pali trivellati con rivestimento provvisorio	439
10.2.5.2	Pali trivellati con fanghi (bentonitici o biodegradabili o polimerici)	439
10.2.5.3	Pali trivellati ad elica continua	439
10.2.5.4	Controlli In Fase Esecutiva Su Pali Trivellati	441
10.2.6	<i>Micropali O Pali Trivellati Di Piccolo Diametro</i>	442
10.2.6.1	Micropali a iniezioni ripetute ad alta pressione	442
10.2.6.2	Micropali con riempimento a gravità o a bassa pressione:	443
10.2.7	<i>Pali Secanti</i>	443
10.2.8	<i>Controlli In Fase Esecutiva Su Micropali</i>	443
10.2.9	<i>Materiali Da Utilizzare</i>	445
10.3	Pozzi Di Fondazione	445
10.3.1	<i>Controlli In Fase Esecutiva Sui Pozzi</i>	446
10.4	Prove Di Carico Su Pali E Micropali	447
10.4.1	<i>Prove Di Carico</i>	447
10.5	Misurazione E Contabilizzazione	448

10.5.1	<i>Norme Generali</i>	448
10.5.2	<i>Criteri Di Misura</i>	449
10.5.2.1	Diaframmi E Palancolate	449
10.5.2.2	Pali	449
10.5.2.3	Pozzi	450
10.6	Non conformita'	451
10.7	Collaudo	451
10.8	Manutenzione	452
10.9	Normative E Riferimenti	452
10.10	Appendice	452
10.10.1	<i>Controlli Sui Fanghi</i>	452
10.10.1.1	Controllo Del Fango Bentonitico	453
10.10.1.2	Controllo Del Fango Biodegradabile	454
10.10.1.3	Controllo Del Fango Polimerico	454
10.10.1.4	Smaltimento Fanghi	454
10.10.2	<i>Tecnica Di Prove Di Carico Su Pali E Micropali</i>	455
10.10.2.1	Prove Su Pali Di Grande Diametro	455
10.10.2.2	Prove Di Carico Assiale E/O Prove Di Verifica	455
10.10.2.3	Attrezzatura e dispositivi di prova	456
10.10.2.4	Preparazione ed esecuzione della prova	457
10.10.2.5	Programma di carico	458
10.10.2.6	Risultati della prova	459
10.10.2.7	Prove Di Carico Su Pali Strumentati	460
10.10.2.8	Attrezzature e dispositivi di prova	461
10.10.2.9	Preparazione ed esecuzione della prova	462
10.10.2.10	Prove Di Carico Laterale	462
10.10.2.11	Prove Di Progetto Su Pali Pilota	463
10.10.2.12	Prove Di Carico Su Micropali	464
11	OPERE IN CARPENTERIA METALLICA	468
11.1	Caratteristiche Dei Materiali	469
11.1.1	<i>Resilienza dei componenti saldati</i>	469
11.1.2	<i>Protezioni superficiali</i>	470
11.2	Modalità Di Esecuzione	471
11.2.1	<i>Progetto d'officina</i>	471
11.2.2	<i>Montaggio di prova</i>	473
11.2.3	<i>Identificazione e rintracciabilità dei materiali</i>	473
11.2.4	<i>Prescrizioni integrative per i collegamenti bullonati</i>	473
11.2.4.1	Criteri generali	473
11.2.4.2	Forature	474
11.2.4.3	Montaggio	474
11.2.5	<i>Prove e Controlli</i>	475
11.2.5.1	Controlli documentali	475

11.2.5.2 Controlli sui prodotti e sui materiali	475
11.2.5.3 Controlli sulla esecuzione	475
11.2.5.4 Controlli geometrici e dimensionali sui manufatti	475
11.2.5.5 Controlli sulle saldature	475
11.2.5.6 Pioli connettori	476
11.2.5.7 Criteri di ammissibilità dei difetti	476
11.2.5.8 Controlli sulle unioni bullonate	477
11.2.6 Prove di carico e collaudo	477
11.2.7 Manutenzione	478
11.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	480
11.4 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	480
11.4.1 Norme generali	480
11.4.2 Criteri di misura	481
11.5 ELEMENTI PREFABBRICATI	482
11.5.1 Caratteristiche dei materiali	482
11.5.1.1 Caratteristiche superficiali dei manufatti	483
11.5.2 Modalità di esecuzione	483
11.5.2.1 Documenti di accompagnamento	483
11.5.3 Prove e Controlli	484
11.5.3.1 Controlli documentali	484
11.5.3.2 Controlli sui prodotti e sui materiali	484
11.5.3.3 Controlli sulla produzione e sul montaggio	484
11.5.3.4 Controlli geometrici e dimensionali sui manufatti	485
11.5.4 Prove di carico e collaudo	485
11.5.5 Manutenzione	485
11.5.6 Normativa di riferimento	486
11.5.7 Misurazione e contabilizzazione	486
11.6 Appoggi E Dispositivi Antisismici	488
11.6.1 Caratteristiche	488
11.6.1.1 Temperature di esercizio	488
11.6.1.2 Protezioni anti polvere e anti corrosiva	489
11.6.1.3 Preregolazione	489
11.6.1.4 Collegamento alle strutture	490
11.6.1.5 Sostituzione	490
11.6.2 Modalità di installazione	490
11.6.3 Progetto costruttivo	491
11.6.4 Prove e Controlli	492
11.6.5 Controlli documentali	492
11.6.6 Prove di accettazione	492
11.6.7 Controlli sulla esecuzione	492
11.6.8 Prove di carico e collaudo	493
11.6.9 Manutenzione	493

11.6.10	<i>Normativa di riferimento</i>	493
11.6.11	<i>Misurazione e contabilizzazione</i>	494
11.7	Giunti Di Espansione	494
11.7.1	<i>Caratteristiche</i>	494
11.7.1.1	Temperature di esercizio	494
11.7.1.2	Vita Utile	495
11.7.1.3	Preregolazione	495
11.7.1.4	Sollevamento differenziale delle testate del varco	495
11.7.1.5	Aggressività ambientale	496
11.7.1.6	Dimensione dei varchi	496
11.7.1.7	Scossalina	496
11.7.1.8	Giunti sui cordoli e sui marciapiedi di servizio	496
11.7.2	<i>Modalità di installazione</i>	496
11.7.2.1	Progetto costruttivo	497
11.7.3	<i>Prove e Controlli</i>	497
11.7.3.1	Controlli documentali	497
11.7.3.2	Prove dopo l’installazione	497
11.7.4	<i>Manutenzione</i>	498
11.7.5	<i>Normativa di riferimento</i>	498
11.7.6	<i>Misurazione e contabilizzazione</i>	498
11.8	Impermeabilizzazioni Della Soletta	499
11.8.1	<i>Cappa di asfalto sintetico</i>	499
11.8.1.1	Caratteristiche dei materiali	499
11.8.1.2	Filler	500
11.8.1.3	Controlli documentali	502
11.8.1.4	Prove in sito	502
11.8.2	<i>Manto di impermeabilizzazione continuo realizzato in opera con bitume modificato con elastomeri ed armato con tessuto non tessuto</i>	502
11.8.2.1	Caratteristiche dei materiali	503
11.8.2.2	Modalità di applicazione	503
11.8.2.3	Prove e Controlli	504
11.8.3	<i>Manto di impermeabilizzazione realizzato con guaine bituminose preformate ed armate</i>	505
11.8.3.1	Caratteristiche dei materiali	505
11.8.3.2	Prove e Controlli	510
11.8.4	<i>Normativa di riferimento</i>	511
11.8.5	<i>Misurazione e contabilizzazione</i>	511
11.9	Sistemi Di Raccolta Acqua Di Piattaforma	512
11.9.1	<i>Caratteristiche</i>	512
11.9.2	<i>Prove e controlli</i>	515
11.9.3	<i>Manutenzione</i>	515
11.9.4	<i>Misurazione e contabilizzazione</i>	515

**11.10 Appendice A – Temperature Massime E Minime Per La Progettazione
Dei Ponti**

516

1 PREMESSA

La presente relazione rappresenta l’elaborato “*Capitolato Speciale d’Appalto – Norme tecniche – volume 1*” del progetto definitivo del 1° lotto funzionale dell’autostrada A31 Vicenza – Piovene Rocchette – Trento, come prolungamento dell’attuale tratto in esercizio da Longare (a sud di Vicenza) fino a Piovene Rocchette (a nord di Vicenza), ai sensi dell’art. 8 dell’allegato XXI del D.Lgs 163/2006 e s.m.i.

2 QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

2.1 Generalità

I materiali da impiegare per i lavori di cui all'appalto dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia; in mancanza di particolari prescrizioni dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio in rapporto alla funzione a cui sono destinati.

Per la provvista di materiali in genere, si richiamano espressamente Direttiva 89/106/CE e IL D.M.

14/01/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni.

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

I materiali proverranno da località o fabbriche che l'Impresa Appaltatrice 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 dello stessa Impresa.

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.

I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti qui di seguito fissati.

Il materiale ed i prodotti per uso strutturale devono essere:

- identificati univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili;
- qualificati sotto la responsabilità del produttore;
- accettati dal Direttore dei Lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

In particolare per quanto attiene l'identificazione e la qualificazione, possono configurarsi i seguenti casi:

- A. Materiali e prodotti per uso strutturale per i quali sia disponibili una norma europea armonizzata (Marcatura CE);
- B. Materiali e prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibili una norma europea armonizzata;

C. Materiali e prodotti per uso strutturale innovativi o comunque non ricadenti nelle tipologie A e B. Dalla Normativa (NTC 2008 cap. 11 par. 11.1).

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. Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori verificare che tali prodotti rientrino nelle tipologie, classi e/o famiglie previste nella detta documentazione.

Per ogni prodotto non recante 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.

2.2 *Acqua*

Dovrà essere dolce, limpida, esente da tracce di cloruri o solfati, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso cui le acque medesime sono destinate e rispondere ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate con con D.M. 14 gennaio 2008.

2.3 *Leganti idraulici*

Dovranno corrispondere, come richiamato dal D.M. 14 gennaio 2008 (S.O. alla G.U. n° 29 del 04/02/2008).

I leganti idraulici si distinguono in:

1) Cementi. Dovranno rispondere alle caratteristiche tecniche dettate da:

- D.M. 14 gennaio 2008 (S.O. alla G.U. n° 29 del 04/02/2008).

2) Agglomerati cementizi e calci idrauliche (di cui all'art. 1 lettera D e E della Legge 595/1965). Dovranno rispondere alle caratteristiche tecniche dettate dal D.M. 31.8.1972 che approva le "Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calci idrauliche" (G.U. n. 287 del 6.11.1972).

2.4 *Calci aeree - pozzolane*

Dovranno corrispondere alla norma UNI EN 459-1.

2.5 *Ghiaie - ghiaietti - pietrischi - pietrischetti - sabbie per strutture in muratura ed in conglomerati cementizi*

Dovranno corrispondere ai requisiti definiti dalla norma UNI EN 12620 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 3,2 se si tratta di cementi armati; e di cm 2,5 se si tratta di cappe o di getti di limitato spessore (parapetti, cunette, copertine, ecc).

Per le caratteristiche di forma valgono i riferimenti alla norma sopra citata e le prescrizioni riportate nello specifico articolo riguardante i conglomerati cementizi. E dovranno in ogni caso essere non gelivi.

2.6 Pietrischi - pietrischetti - graniglie - sabbie - additivi da impiegare per pavimentazioni

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti alla norma UNI EN 13043 ed essere rispondenti alle specificazioni riportate nelle rispettive norme di esecuzione dei lavori.

2.7 Ghiaie - ghiaietti per pavimentazioni

Dovranno corrispondere, come pezzatura e caratteristiche, ai requisiti di cui alla norma UNI EN 13043. Dovranno essere costituiti da elementi sani e tenaci, privi di elementi alterati, essere puliti e particolarmente esenti da materie eterogenee non presentare perdite di peso, per decantazione in acqua, superiori al 2%.

2.8 Cubetti di pietra

Dovranno corrispondere i requisiti stabiliti nelle corrispondenti "Norme per l'accettazione di cubetti di pietra per pavimentazioni stradali" C.N.R.- Ed. 1954 e nella "Tabella U.N.I. 2719 - Ed. 1945".

2.9 Cordoni - bocchette di scarico - risvolti - guide di risvolto - scivoli per accessi

- Guide e masselli per pavimentazione

Dovranno soddisfare i requisiti stabiliti nelle "Tabelle U.N.I. 2712, 2713, 2714, 2715, 2716, 2717, 2718 - Ed. 1945".

2.10 Scapoli di pietra da impiegare per fondazioni

Dovranno essere sani e di buona resistenza alla compressione, privi di parti alterate, di dimensioni massime comprese tra 15 e 25 cm ma senza eccessivi divari fra le dimensioni massime e minime misurate nelle iverse dimensioni.

2.11 *Cottoli da impiegare per i selciati*

Dovranno essere sani, duri e durevoli, di forma ovoidale e le dimensioni limite verranno fissate dalla D.L. secondo l'impiego cui sono destinati.

Pietra naturale

Le pietre da impiegare nelle murature e nei drenaggi, gabbionate, ecc., dovranno essere sostanzialmente compatte ed uniformi, sane e di buona resistenza alla compressione, prive di parti alterate.

Dovranno avere forme regolari e dimensioni adatte al loro particolare impiego.

Le pietre grezze per murature frontali non dovranno presentare screpolature e peli, dovranno essere sgrossate col martello ed anche con la punta, in modo da togliere le scabrosità più sentite nelle facce viste e nei piani di contatto in modo da permettere lo stabile assetamento su letti orizzontali e in perfetto allineamento.

Saranno utilizzate solamente pietre marcate conformemente alle norme del mandato M 166.

2.12 *Pietre da taglio*

Proverranno dalle cave che saranno accettate dalla Direzione dei Lavori. Esse dovranno essere sostanzialmente uniformi e compatte, sane e tenaci, senza parti alterate, vene, peli od altri difetti, senza immasticature o tasselli.

Saranno utilizzate solamente pietre marcate conformemente alle norme del mandato M 166.

2.13 *Tufi*

Le pietre di tufo dovranno essere di struttura compatta ed uniforme evitando quelle pomiciose e facilmente friabili.

2.14 *Materiali laterizi*

Dovranno corrispondere ai requisiti di accettazione di cui alla norma EN 771-1.

I materiali dovranno essere ben cotti, di forma regolare, con spigoli ben profilati e dritti; alla frattura dovranno presentare struttura fine ed uniforme e dovranno essere senza calcinaroli e impurità.

I forati e le tegole dovranno risultare di pasta fine ed omogenea, senza impurità, ben cotti, privi di nodi, di bolle, senza ghiaietto o calcinaroli, sonori alla percussione.

2.15 *Argilla espansa*

Il materiale sarà conforme alla uni EN 14063-1.

2.16 *Manufatti di cemento*

I manufatti di cemento di qualsiasi tipo dovranno essere fabbricati a regola d'arte, con dimensioni uniformi, dosature e spessore corrispondenti alle prescrizioni e ai tipi; saranno ben stagionati, di perfetto impasto e lavorazione, sonori alla percussione senza screpolature e muniti delle eventuali opportune sagomature alle due estremità per consentire una sicura connessione. Saranno conformi alle norme del mandato M 100 per quanto di pertinenza.

2.17 *Blocchi prefabbricati per vibro-compressione*

Saranno confezionati con inerti di buona qualità e dosaggi non inferiori a 200 kg di cemento, di tipo IV 42,5 o 42,5R, per metro cubo d'impasto.

La resistenza a rottura degli elementi dovrà essere:

- 8 MPa per blocchi prefabbricati con impiego di ghiaietto e pietrisco;
- 3 MPa per blocchi prefabbricati con impiego d'argilla espansa.

La superficie delle costole dovrà essere almeno pari, nel caso di strutture non portanti, al 40%; nel caso di strutture portanti al 65% della superficie apparente del piano di posa del blocco.

Saranno conformi alle norme del mandato M 100 per quanto di pertinenza.

2.18 *Blocchi prefabbricati di cemento e argilla espansa faccia vista*

Saranno prodotti con inerti di buona qualità e dosaggi non inferiori a 200 kg di cemento, di tipo IV 42,5 o 42,5R, per metro cubo d'impasto. Saranno confezionati con conglomerato cementizio a struttura chiusa; la curva granulometrica varierà da 0,5÷4 mm; la densità da 1.200÷1.600 kg/m³.

Una varietà dei blocchi faccia vista è costituita dagli «splittati» ottenuti a spacco da un blocco doppio e possono essere a paramento normale o scanalato.

2.19 *Materiali ferrosi*

Saranno esenti da scorie, soffiature, saldature o da qualsiasi altro difetto.

In particolare essi si distinguono in:

- acciai per c.a., c.a.p. e carpenteria metallica: dovranno soddisfare i requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate con D.M. 14 gennaio 2008 in applicazione dell'art. 21 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086;
- lamierino di ferro per formazione di guaine per armature per c.a.p.; dovrà essere del tipo laminato a freddo, di qualità extra dolce ed avrà spessore di 2/10 di mm;

- acciaio per apparecchi di appoggio e cerniere: dovrà soddisfare ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate con D.M. 14 gennaio 2008 in applicazione dell'art. 21 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086;
- bulloni normali saranno conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI 5727-65 e UNI 5593; quelli ad alta resistenza devono appartenere alle classi delle norme UNI 3740-65;
- tubi d'acciaio senza saldatura, per costruzioni meccaniche, dovranno soddisfare la norma UNI 7729 ed appartenere al tipo S355.

2.20 Acciaio inossidabile

Dovrà presentare elevata resistenza alla corrosione ed al calore e rispondere, per composizione chimica, caratteristiche e prescrizioni generali, alla norma UNI 6900-71.

Le lamiere d'acciaio inox saranno laminate a freddo a norma UNI 8317.

La designazione degli acciai è fatta per composizione chimica, dove «x» sta per «acciaio legato», il primo numero indica la percentuale di carbonio moltiplicato per 100 ed i numeri finali indicano i tenori degli elementi di lega in %. Oltre alla classificazione UNI sarà abitualmente usata anche la classificazione AISI (American Iron and Steel Institute).

2.21 Acciaio zincato

Si intendono realizzati in acciaio zincato i profilati, le lamiere e i tubi d'acciaio, di qualsiasi sezione, spessore o diametro, tanto in elementi singoli quanto assemblati in strutture composte, dovranno essere zincati per immersione in zinco fuso, nel rispetto delle prescrizioni della norma d'unificazione Progetto SS UNI E 14.07.000 (rivestimenti metallici protettivi applicati a caldo - rivestimenti di zinco ottenuti per immersione su oggetti diversi, fabbricati in materiale ferroso).

Per tutti i manufatti in lamiera zincata quali coperture, condotti, canali di gronda, converse, scossaline, compluvi, infissi, serrande, serbatoi per acqua e simili, se non altrimenti disposto dovranno essere impiegate lamiere zincate secondo il procedimento Sendzimir.

Lo strato di zincatura, inteso come massa di zinco, espressa in grammi al metro quadrato, presente complessivamente su ciascuna faccia della lamiera, se non diversamente specificato, non dovrà essere inferiore a:

- 190 g/m² per zincatura normale;
- 300 g/m² per zincatura pesante.

2.22 *Alluminio e leghe leggere*

Per laminati, trafilati o sagomati non estrusi dovrà essere impiegato alluminio primario di cui alla norma UNI 4507 - «Alluminio primario ALP 99,5 da lavorazione plastica».

Leghe leggere da lavorazione plastica resistenti alla corrosione dovranno corrispondere alle norme UNI 3569-66 o UNI 3571.

2.23 *Alluminio anodizzato*

Dovrà risultare conforme alla norma UNI 4522-66 «Rivestimenti per ossidazione anodica dell'alluminio e sue leghe. Classificazione, caratteristiche e collaudo».

Gli strati normalizzati d'ossido anodico saranno definiti mediante una sigla (OTO, BRI, ARP, ARC, ARS, IND, VET rispettivamente per strato: ottico, brillante, architettonico lucido, architettonico spazzolato, architettonico satinato chimicamente, industriale grezzo, vetroso), un numero che ne indica la classe di spessore e l'eventuale indicazione della colorazione. Per gli strati architettonici la norma prevede quattro classi di spessore:

- classe 5: spessore strato min. 5 µm;
- classe 10: spessore strato min. 10 µm;
- classe 15: spessore strato min. 15 µm;
- classe 20: spessore strato min. 20 µm.

Di queste la prima sarà impiegata in parti architettoniche per usi interni di non frequente manipolazione, la seconda per parti architettoniche esposte all'atmosfera con manutenzione periodica, la terza in parti esposte ad atmosfere industriali o marine e la quarta, di tipo rinforzato, in atmosfere particolarmente aggressive.

2.24 *Rame*

Lamiere, nastri e fili saranno conformi alle UNI 3310/2[^]/3[^]/46 - 72.

2.25 *Pellicole retroriflettenti*

Le pellicole retroriflettenti dovranno possedere i livelli minimi di qualità secondo quanto indicato nel

disciplinare tecnico approvato con D.M. 31 marzo 1995.

2.26 *Prodotti plastici metacrilici*

Sono caratterizzati da infrangibilità, leggerezza ed elevatissima resistenza agli agenti atmosferici; dovranno rispondere alle prescrizioni di cui alle seguenti norme di unificazione:

- UNI 7067-72: Materie plastiche metacriliche per stampaggio ed estrusione. Tipi, prescrizioni e prove;

- UNI 7074-72: Lastre di polimetilmetacrilato. Tipi, prescrizioni e prove.

Le lastre potranno essere di tipo I (colorate in forma e successivamente polimerizzate in blocco) e di tipo II (prepolimerizzate e termoestruse).

In ogni caso saranno assolutamente prive di difetti superficiali e di forma.

I lucernari, sia a cupola (a semplice od a doppia parete anticondensa) che continui, saranno fabbricati con lastre di polimetilmetacrilato delle migliori qualità (plexiglass, perspex, ecc.).

2.27 Tubazioni in pvc

Le tubazioni in cloruro di polivinile rigido serie pesante, dei tipi 302, 303/1 e 303/2, secondo le vigenti Norme UNI, con giunti a bicchiere saranno muniti di guarnizione di gomma.

Ogni tubo dovrà portare impresso, in modo evidente, leggibile ed indelebile, il nominativo del produttore, il diametro nominale, l'indicazione del tipo; dovrà essere munito inoltre del marchio di conformità alle Norme UNI rilasciato dall'Istituto italiano dei plastici.

2.28 Bitumi - emulsioni bituminose

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali - Caratteristiche per l'accettazione", Ed. maggio 1978; "Norme per l'accettazione delle emulsioni bituminose per usi stradali", Fascicolo n. 3, Ed. 1958; "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali (Campionatura dei bitumi)", Ed. 1980.

2.29 Bitumi liquidi o flussati

Dovranno corrispondere ai requisiti di cui alle "Norme per l'accettazione dei bitumi liquidi per usi stradali", Fascicolo n. 7 - Ed. 1957 del C.N.R.

2.30 Polveri di roccia asfaltica

Le polveri di roccia asfaltica non devono contenere mai meno del 7% di bitume; possono essere ottenute miscelando i prodotti della macinazione di rocce con non meno del 6% e non più del 10% di bitume; possono anche essere trattate con oli minerali in quantità non superiori all' 1%.

Ai fini applicativi le polveri vengono distinte in tre categorie (I, II, III).
pietrischetto ed olio;

le polveri della II categoria servono per i conglomerati, gli asfalti colati e le mattonelle;

le polveri della III categoria servono come additivi nei conglomerati e per aggiunte ai bitumi ed ai catrami.

Le polveri di I e II categoria devono avere finezza tale da passare per almeno il 95% dal setaccio 2, U.N.I. -2332.

Le polveri della III categoria devono avere la finezza prescritta per gli additivi stradali (norme C.N.R.).

Le percentuali e le caratteristiche dei bitumi estratti dalle polveri devono corrispondere ai valori indicati dalle tabelle riportate dalle Norme del C.N.R. Ed. 1956.

2.31 Oli asfaltici

Gli oli asfaltici impiegati nei trattamenti superficiali con polveri asfaltiche a freddo vanno distinti a seconda della provenienza della polvere, abruzzese o siciliana, con la quale si devono impiegare e della stagione estiva od invernale, in cui i lavori si devono eseguire.

Per la stagione invernale si dovranno impiegare oli tipo A, e per quella estiva oli tipo B. Tutti questi oli devono contenere al massimo lo 0,50% di acqua, ed al massimo il 4% di fenoli; le altre caratteristiche, poi, devono essere le seguenti:

- oli di tipo A (invernale) per polveri abruzzesi: viscosità Engler a 25°C da 3 a 6; distillato sino a 230°C al massimo il 15%; residuo a 330°C almeno il 25%; punto di rammollimento alla palla e anello 30 \approx 45°C;

- oli di tipo A (invernale) per polveri siciliane: viscosità Engler a 50°C al massimo 10; distillato sino a 230°C al massimo il 10%; residuo a 330°C almeno il 45%; punto di rammollimento alla palla e anello 55 \approx 70°C;

- oli di tipo B (estivo) per polveri abruzzesi: viscosità Engler a 25°C da 4 a 8; distillato sino a 230°C al massimo l'8%; residuo a 330°C almeno il 30%; punto di rammollimento alla palla e anello 35 \approx 50°C;

- oli di tipo B (estivo) per polveri siciliane: viscosità Engler a 50°C al massimo 15%; distillato sino a 230°C al massimo il 5%; residuo a 330°C almeno il 50%; punto di rammollimento alla palla e anello 55 \approx 70°C.

Per gli stessi impieghi si possono usare anche oli derivanti da catrame e da grezzi di petrolio, o da opportune miscele di catrame e petrolio, purché di caratteristiche analoghe a quelle sopra riportate.

In caso di necessità gli oli possono venire riscaldati ad una temperatura non superiore a 60°C.

2.32 Vetri e cristalli

Dovranno essere, per le richieste dimensioni, di un sol pezzo, di spessore uniforme, di prima qualità, perfettamente incolori, trasparenti, privi di scorie, bolle, soffiature, ondulazioni, nodi, opacità lattiginose, macchie e qualsiasi altro difetto.

- Cristalli lustrati: s'intendono per tali i vetri piani con entrambi le facce tese, mediante trattamento "Float", praticamente piane, parallele e lustre. Essi dovranno rispondere alle norme di unificazione UNI 6487-75 vetri piani- cristalli lustrati (lustrati e float).

- Vetri uniti al perimetro (vetro-camera): saranno costituiti da pannelli prefabbricati formati da due lastre di vetro piano accoppiate (per mezzo di profilato e distanziatore saldato con adesivi o sigillanti), fra le quali è racchiusa aria o gas disidratati.

Il giunto d'accoppiamento dovrà essere assolutamente ermetico e di conseguenza non dovrà presentarsi nessuna traccia di polvere o di condensa sulle superfici interne di cristalli.

Essi dovranno presentarsi perfettamente trasparenti ed inoltre stabili alla luce, all'invecchiamento ed agli agenti atmosferici.

Per le tolleranze sugli spessori, dimensionali e di forme, si rimanda alle norme UNI 7172-73.

2.33 Teli di "geotessile"

Il telo "geotessile" avrà le seguenti caratteristiche:

- composizione: sarà costituito da polipropilene o poliestere senza l'impiego di collanti e potrà essere realizzato con le seguenti caratteristiche costruttive:

1. con fibre a filo continuo;
2. con fibre intrecciate con il sistema della tessitura industriale a "trama ed ordito";
3. con fibre di adeguata lunghezza intrecciate mediante agugliatura meccanica.

Il telo "geotessile" dovrà altresì avere le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

- coefficiente di permeabilità: per filtrazioni trasversali, compreso fra 10⁻³ e 10⁻¹ cm/sec (tali valori saranno misurati per condizioni di sollecitazione analoghe a quelle in sito);

- resistenza a trazione: misurata su striscia di 5 cm di larghezza non inferiore a 600 N/5 cm 1, con allungamento a rottura compreso fra il 10% e l'85%. Qualora nei tratti in trincea il telo debba assolvere anche funzione di supporto per i sovrastanti strati della pavimentazione, la D.L. potrà richiedere che la resistenza a trazione del telo impiegato sia non inferiore a 1200 N/5cm o a 1500 N/5cm, fermi restando gli altri requisiti.

I geotessili dovranno: non avere superficie liscia, essere imputrescibili ed atossici, resistenti ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si producono nel terreno, alle cementazioni naturali, all'azione di microrganismi, essere antinquinanti ed isotropi.

Dovranno essere forniti in rotoli di larghezza la più ampia possibile in relazione alle modalità di impiego.

Per la determinazione del peso e dello spessore del "geotessile" occorre effettuare le prove di laboratorio secondo le norme UNI EN 13249-13251-13256.

2.34 *Legnami*

Da impiegare in opere stabili o provvisorie, di qualunque essenza essi siano, dovranno soddisfare a tutte le prescrizioni ed avere i requisiti delle precise categorie di volta in volta prescritte e non dovranno presentare difetti incompatibili con l'uso a cui sono destinati.

- I legnami rotondi o pali dovranno provenire da vero tronco e non dai rami, saranno diritti in modo che la congiungente i centri delle due basi non esca in alcun punto dal palo.

Dovranno essere scortecciati per tutta la loro lunghezza e conguagliati alla superficie; la differenza fra i diametri medi delle estremità non dovrà oltrepassare il quarto del maggiore dei due diametri;

- I legnami, grossolanamente squadrati ed a spigolo smussato, dovranno avere tutte le facce spianate, tollerandosi in corrispondenza ad ogni spigolo l'alburno e lo smusso in misura non maggiore di 1/5 della minore dimensione trasversale dell'elemento;

- I legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadrati a sega e dovranno avere tutte le facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, con gli spigoli tirati a filo vivo, senza alburno né smussi di sorta;

- I legnami in genere dovranno corrispondere ai requisiti di cui al D.M. 30 ottobre 1912;

- I legnami di tipo lamellare dovranno essere di qualità I secondo la normativa DIN 4074, con giunzioni a pettine secondo la normativa DIN 88140 e la loro essenza lignea sarà preferibilmente di abete rosso o larice;

- Le strutture di legno lamellare dovranno essere prodotte da stabilimenti in possesso del certificato di incollaggio di tipo A, in conformità alla norma DIN 1052. Gli eventuali trattamenti protettivi, gli spessori e le modalità applicative degli stessi, dovranno essere del tipo previsto negli elaborati progettuali.

2.35 *Materiali per opere in verde*

- *Terra*: la materia da usarsi per il rivestimento delle scarpate di rilevato, per la formazione delle banchine laterali, dovrà essere terreno agrario, vegetale, proveniente da scortico di aree a destinazione agraria da prelevarsi fino alla profondità massima di m. 1,00. Dovrà essere a reazione neutra, sufficientemente dotato di sostanza organica e di elementi nutritivi, di medio impasto e comunque adatto a ricevere una coltura erbacea o arbustiva permanente; esso dovrà risultare privo di ciottoli, detriti, radici ed erbe infestanti.

- *Concimi*: i concimi minerali semplici o complessi usati per le concimazioni dovranno essere di marca nota sul mercato nazionale; avere titolo dichiarato ed essere conservati negli involucri originali della fabbrica.

1 Prova condotta su strisce di larghezza 5 cm e lunghezza nominale di 20 cm con velocità di deformazione costante e pari a 2 mm/sec; dal campione saranno prelevati 3 gruppi di 5 strisce cadauno secondo le tre direzioni: longitudinale, trasversale e diagonale; per ciascun gruppo si scarteranno i valori minimo e massimo misurati e la media sui restanti 3 valori dovrà risultare maggiore del valore richiesto.

- *Materiale vivaistico*: il materiale vivaistico potrà provenire da qualsiasi vivaio, sia di proprietà dell'Appaltatore, sia da altri vivaisti, purché l' Appaltatore stesso dichiari la provenienza e questa venga accettata dalla Direzione Lavori, previa visita ai vivai di provenienza. Le piantine e talee dovranno essere comunque immuni da qualsiasi malattia parassitaria.

- *Semi*: per il seme l'Appaltatore è libero di approvvigionarsi dalle ditte specializzate di sua fiducia; dovrà però dichiarare il valore effettivo o titolo della semente, oppure separatamente il grado di purezza ed il valore germinativo di essa. Qualora il valore reale del seme fosse di grado inferiore a quello riportato dalle tavole della Marchettano, l' Appaltatore sarà tenuto ad aumentare proporzionalmente le quantità di semi da impiegare per unità di superficie. La Direzione Lavori, a suo giudizio insindacabile, potrà rifiutare partite di seme, con valore reale inferiore al 20% rispetto a quello riportato dalle tavole della Marchettano nella colonna "buona semente" e l' Appaltatore dovrà sostituirle con altre che rispondano ai requisiti voluti. Per il prelievo dei campioni di controllo valgono le norme citate in premessa nel presente paragrafo.

- *Zolle*: queste dovranno provenire dallo scoticamento di vecchio prato polifita stabile asciutto, con assoluta esclusione del prato irriguo e del prato marcitoio. Prima del trasporto a piè d'opera delle zolle, l' Appaltatore dovrà comunicare alla Direzione Lavori i luoghi di provenienza delle zolle stesse e ottenere il preventivo benestare all'impiego. La composizione floristica della zolla dovrà risultare da un insieme giustamente equilibrato di specie leguminose e graminacee; sarà tollerata la presenza di specie non foraggere ed in particolare della Achillea millefolium, della Plantago sp.pl., della Salvia pratensis, della Bellis perennis, del Ranunculus sp.pl., mentre dovranno in ogni caso essere escluse le zolle con la presenza di erbe particolarmente infestanti fra cui Rumex sp.pl., Artemisia sp.pl.,

Catex sp.pl. e tutte le Umbrellifere. La zolla dovrà presentarsi completamente rivestita dalla popolazione vegetale e non dovrà presentare soluzioni di continuità. Lo spessore della stessa dovrà essere tale da poter raccogliere la maggior parte dell'intrico di radici delle erbe che la costituiscono e poter trattenere tutta la terra vegetale e comunque non inferiore a cm 8; a tal fine non saranno ammesse zolle ricavate da prati cresciuti su terreni sabbiosi o comunque

sciolti, ma dovranno derivare da prati coltivati su terreno di medio impasto o di impasto pesante, con esclusione dei terreni argillosi.

- *Paletti di castagno per ancoraggio viminate*: dovranno provenire da ceduo castanile e dovranno presentarsi ben dritti, senza nodi, difetti da gelo, cipollature o spaccature. Avranno il diametro minimo in punta di cm 6.

- *Verghe di salice*: le verghe di salice da impiegarsi nell'intreccio delle viminate dovranno risultare di taglio fresco, in modo che sia garantito il ricaccio di polloni e dovranno essere della specie *Salix viminalis* o *Salix purpurea*. Esse avranno la lunghezza massima possibile con diametro massimo di cm. 2,5.

- *Talee di salice*: le talee di salice, da infiggere nel terreno per la formazione dello scheletro delle graticciate, dovranno parimenti risultare allo stato verde e di taglio fresco, tale da garantire il ripollonamento, con diametro minimo di cm. 2. Esse dovranno essere della specie *Salix purpurea* e *Salix viminalis* oppure delle specie e degli ibridi spontanei della zona, fra cui *Salix daphnoides*, *Salix incana*, *Salix pentandra*, *Salix fragilis*, *Salix alba*, ecc. e potranno essere anche di *Populus alba* o *Alnus glutinosa*.

- *Rete metallica*: sarà del tipo normalmente usato per gabbioni, formata da filo di ferro zincato a zincatura forte, con dimensioni di filo e di maglia indicate dalla Direzione dei Lavori.

3 INDAGINI PROVE IN SITU DI LABORATORIO

L'oggetto delle presente Sezione del Capitolato è costituito dall'insieme delle attività necessarie per l'esecuzione di indagini geognostiche e geofisiche e per le prove di laboratorio su terre e rocce.

Nell'esecuzione di tali attività, senza che l'elencazione debba considerarsi completa, saranno da intendersi a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri ed adempimenti necessari per l'ottenimento dei permessi e per l'accesso ai punti di indagine, per le occupazioni delle aree, lo stazionamento del personale e delle attrezzature necessarie, per il ripristino delle condizioni precedenti l'esecuzione dei lavori, il risarcimento di eventuali danni a terzi, i carburanti e ogni altro materiale di consumo, i costi logistici e del personale, le attrezzature accessorie, la fornitura di acqua per le perforazioni, il trasporto e la spedizione dei campioni ai laboratori, l'interpretazione, la restituzione e la documentazione dei lavori eseguiti ed ogni altro onere necessario per l'espletamento a perfetta regola d'arte dei Servizi ed eventuali bonifiche da residui bellici. L'Appaltatore è quindi tenuto ad assicurarsi, preventivamente all'inizio delle indagini in sito, dell'acquisizione dei permessi di accesso e che sul suolo e nel sottosuolo e/o sulle o nelle strutture e sui o nei manufatti interessati dalle indagini e nelle aree di servizio e negli accessi, non esistano impedimenti di qualsiasi genere (quali, ad esempio, vincoli, alberature, servizi, sottoservizi di acque, energia elettrica, linee telefoniche, fognature, condutture di qualsiasi genere - gas, aria compressa ecc.) che possano limitare l'agibilità delle attrezzature od essere danneggiati od arrecare danni. Tale indagine dovrà essere condotta presso tutti gli enti pubblici e/o altri soggetti privati e dovrà essere finalizzata all'ottenimento di una esaustiva documentazione relativa all'ubicazione dei sottoservizi. L'Appaltatore dovrà, comunque, provvedere tempestivamente ad eliminarli o proteggerli, dovendo l'COMMITTENTE rimanere sollevata ed indenne da ogni responsabilità verso chiunque per danni accidentali di qualsiasi genere, anche provenienti da imprevisti geologici (ad esempio: falde artesiane, presenza di gas naturali, alterazioni di condizioni idrogeologiche e simili).

Qualora i luoghi d'indagine ricadano in aree soggette a vincoli di carattere amministrativo, ambientale, urbanistico, archeologico o di qualunque altro genere, sarà compito dell'appaltatore, in ciò delegato dal COMMITTENTE, provvedere a fornire agli Enti interessati tutta la documentazione allo scopo necessaria, unitamente agli adempimenti richiesti, al fine di ottenere le necessarie autorizzazioni.

L'Appaltatore non potrà nulla pretendere per eventuali ritardi nell'ultimazione dei servizi dovuti a difficoltà nell'ottenimento delle relative autorizzazioni.

Oltre al rispetto delle normali procedure antinfortunistiche previste dalla vigente legislazione, nel caso che l’Impresa sia chiamata ad operare entro aree nelle quali esistano o siano temuti fenomeni di inquinamento ad opera di sostanze tossiche o nocive, esso è tenuto a prendere le misure di sicurezza per prevenire la contaminazione da diretto contatto o inalazione del personale addetto ai lavori.

L’ Appaltatore dovrà, in ogni momento, a semplice richiesta del COMMITTENTE, dimostrare di aver provveduto in tal senso.

Gli oneri tutti sopra specificati si intendono compensati nell’importo complessivo delle indagini geognostiche. Le prove di laboratorio dovranno essere eseguite da Laboratori accreditati ed inseriti nell’elenco depositato presso il C.S. LL.PP. alle categorie A (prove su terre) e B (prove su rocce); con riferimento all’esecuzione di prove in situ potrà essere valutato positivamente il possesso, da parte della Ditta esecutrice, della certificazione di cui alla categoria C del medesimo elenco.

Tutti i punti d’indagine (sondaggi, prove penetrometriche, pozzetti geognostici, estremi delle basi geofisiche) dovranno essere opportunamente georeferenziati a seguito di apposito rilievo planoaltimetrico, eseguito secondo le indicazioni del COMMITTENTE. Gli esiti del rilievo verranno riportati in apposito elaborato (Georeferenziazione planoaltimetrica assoluta dei punti di indagine”).

Responsabilità dell’appaltatore

Ai sensi di quanto disposto dal D.Lgs. 81/2008 “Testo Unico sulla Sicurezza” e ss.mm.ii., l’ Appaltatore dovrà predisporre, prima dell’inizio dei lavori, il piano delle misure di sicurezza fisica dei lavoratori.

L’ Appaltatore risponderà del rispetto del piano stesso attraverso il responsabile incaricato di eseguire l’attività oggetto dell’incarico.

Qualora previsto dal COMMITTENTE, l’Appaltatore sarà tenuto a rispettare quanto previsto nel Documento Unico di Valutazione dei Rischi Interferenti (DUVRI) redatto, secondo quanto specificato nella Procedura Aziendale.

L’Appaltatore dovrà osservare le norme derivanti dalle vigenti Leggi relative alla prevenzione ed assicurazione infortuni sul lavoro, alle varie previdenze e assicurazioni sociali ed ogni altra disposizione in vigore, o che potrà intervenire nel corso del contratto, per la tutela materiale e morale dei lavoratori.

Legge 464/84

Sarà onere dell'Appaltatore ottemperare alla Legge 4 agosto 1984 n. 464, che prevede l'obbligo di comunicare al Servizio Geologico d'Italia – Dipartimento Difesa del Suolo (ISPRA) le informazioni relative a studi o indagini nel sottosuolo nazionale, per scopi di ricerca idrica o per opere di ingegneria civile, riguardanti in particolare le indagini a mezzo di scavi, perforazioni e rilievi geofisici spinti a profondità maggiori di 30 metri dal piano campagna e, nel caso delle gallerie, maggiori di 200 metri di lunghezza. L'Appaltatore dovrà porre a conoscenza la D.L. delle avvenute trasmissioni. Quest'ultima non procederà alla liquidazione finale dei Lavori, Forniture o Servizi in assenza dei suindicati adempimenti.

La trasmissione della documentazione deve avvenire mediante una comunicazione preventiva di inizio indagine e, successivamente, una comunicazione definitiva di fine indagine (o sospensione), attenendosi alle modalità di trasmissione reperibili sul sito dell'ISPRA.

Programmazione delle indagini

Il COMMITTENTE fornirà all'Appaltatore, all'atto della consegna dei servizi, e comunque prima dell'avvio delle attività, i seguenti dati:

- Planimetria ubicativa delle verticali d'indagine e delle prospezioni geofisiche;
- Scheda sintetica delle indagini previste, con riferimento alle progressive o alle opere in progetto, comprendente: tipologia di indagine richiesta (sondaggi, pozzetti esplorativi, prove penetrometriche, prospezioni geofisiche, altro), profondità da raggiungere, prove in sito, prelievo di campioni richiesti compatibilmente con la natura dei terreni che verranno accertati, posa in opera di strumentazione (piezometri, inclinometri, attrezzature per prove geofisiche, ecc.) ed ogni altra tipologia di indagini ritenuta opportuna.

L'Appaltatore è obbligato a garantire la presenza in cantiere, a tempo pieno, di un tecnico qualificato (Geologo o Ingegnere Geotecnico), iscritto all'Albo professionale, con la qualifica di "Responsabile di cantiere". Egli curerà e coordinerà l'esecuzione delle indagini, sovrintenderà all'esecuzione delle prove in situ, alla misurazione del livello statico della falda nei fori di sondaggio, provvederà alla compilazione dei dati di cantiere e alla loro trasmissione e risponderà della qualità di esecuzione delle indagini stesse (scelta delle modalità esecutive adottate, confezionamento delle cassette, completezza e qualità dei dati restituiti). Egli avrà inoltre il compito di avvertire tempestivamente il COMMITTENTE di eventuali esigenze di modifiche, variazioni e spostamenti rispetto al programma d'indagine approvato. Tali modifiche non potranno essere eseguite in assenza di autorizzazione formale da parte del COMMITTENTE.

L'Appaltatore sarà tenuto a comunicare al COMMITTENTE, entro e non oltre 3 giorni naturali e consecutivi dalla consegna dei servizi, il nominativo ed i riferimenti del Responsabile di cantiere, la data prevista di effettivo inizio degli stessi e il cronoprogramma delle attività.

Variazioni ed integrazioni alle indagini previste

Le indicazioni contenute nel programma delle indagini (Scheda sintetica) consegnato all'Appaltatore devono ritenersi come previsioni, e possono essere soggette ad adeguamenti, sulla base di elementi di carattere progettuale o logistico. Il COMMITTENTE, pertanto, si riserva piena ed ampia facoltà di introdurre, in sede di esecuzione della campagna, quelle varianti che riterrà opportune nell'interesse della buona riuscita e dell'economia dei servizi d'indagine, in funzione delle esigenze progettuali, senza che l'Appaltatore possa trarne motivi per avanzare pretese di compensi ed indennizzi di qualsiasi natura e specie.

L'Appaltatore, per contro, non potrà variare né modificare il programma dei lavori appaltati, senza averne ottenuto la preventiva autorizzazione dal COMMITTENTE, la quale avrà diritto di non valutare quei lavori che risultassero eseguiti in contravvenzione a tale disposizione e, altresì, di fare ripristinare, a spese dell'Appaltatore stesso, le condizioni morfologiche, di stabilità e di permeabilità del terreno preesistenti alla esecuzione di tali lavori, secondo le modalità che verranno fissate dal COMMITTENTE.

E' fatto obbligo all'Appaltatore di apportare ai servizi, anche se già elaborati e presentati, tutte le modifiche e le integrazioni ritenute necessarie e richieste dal COMMITTENTE, senza che ciò dia diritto a speciali o maggiori compensi.

Conduzione e presentazione delle indagini

In relazione a tutte le operazioni tecniche oggetto dei servizi (rilievi, sondaggi, prove in situ e laboratorio, prospezioni, prelievi, analisi, ecc.) l'Appaltatore fornirà le relative elaborazioni, grafiche e numeriche, secondo le prescrizioni fornite dal COMMITTENTE. In particolare, per le perforazioni di sondaggio ed i pozzetti esplorativi, verranno fornite le schede stratigrafiche contenenti tutte le informazioni ricavate nel corso del sondaggio (quota bocca-foro, litologia e caratteri dei terreni, percentuale di recupero, livello della falda, quote di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove in situ, di installazione di strumentazione geotecnica, valori di resistenza al penetrometro tascabile, valori dell'R.Q.D., ecc.). Per ogni sondaggio e pozzetto dovranno essere allegate in formato digitale (formato immagine tipo .tif, .jpg., .png, ecc.) le fotografie a colori della postazione della sonda o dell'escavatore, e delle cassette catalogatrici. Le cassette dovranno essere fotografate entro 24 ore dal loro completamento con l'apposizione di scala cromatica di riferimento. Le carote terebrate in terreni dovranno

essere scortecciate, quelle in terreni litoidi lavate. E' richiesta la completa leggibilità di tutti i dati riportati sulla cassetta e una visione chiara delle carote in esse contenute. Il confezionamento delle cassette prevedrà l'indicazione del cantiere, del codice identificativo del sondaggio e delle quote effettive di perforazione, nonché l'inserimento di testimoni in corrispondenza dei tratti interessati da campionamento e dall'esecuzione di prove in foro e dei punti di fine-manovra. Le cassette catalogatrici, a 5 scomparti con coperchio, saranno fornite dall'Appaltatore, accettate dal COMMITTENTE e compensate con il relativo prezzo. Sui tratti di carota perforati in terreni coesivi, andranno eseguiti immediatamente i tests a carattere speditivo (pocket penetrometer, vane test).

Per i tratti attraversanti unità litoidi sarà obbligatorio redigere un'apposita scheda di rilievo geomeccanico, secondo le più recenti norme e raccomandazioni I.S.R.M., contenente, tra l'altro, la determinazione dell'indice R.Q.D. (Rock Quality Designation Index, Deere), nonché indicazioni su orientazione, stato, frequenza, spaziatura, riempimento, rugosità delle discontinuità naturali presenti. L'R.Q.D. verrà rilevato analiticamente e restituito per tratti corrispondenti alla lunghezza delle battute eseguite, riportandone il valore esatto su apposite tabelle.

Tutti gli elaborati di cui sopra verranno presentati, su supporto cartaceo (n.1 copia) e su supporto magnetico (DVD; CD-ROM), unitamente ad un Rapporto Tecnico Conclusivo, nel quale verranno descritte le metodologie di indagini applicate, i riferimenti alle norme e alle procedure adottate per la conduzione delle prove, con commento e presentazione dei risultati delle indagini geognostiche, geofisiche, delle prove in sito e/o laboratorio.

Allegati al rapporto saranno:

- le stratigrafie delle perforazioni di sondaggio e dei pozzetti geognostici, le relative fotografie (delle cassette catalogatrici, delle postazioni e degli scavi) e le risultanze delle prove effettuate nei fori di sondaggio. Saranno inoltre allegati al rapporto i certificati di prova, firmati dal Tecnico sperimentatore e dal Direttore del Laboratorio;
- il collaudo della strumentazione geotecnica installata;
- la documentazione fotografica dei siti.

Gli elaborati grafici del progetto dovranno normalmente essere prodotti su tavole di formato A1, impaginate in una mascherina prodotta dall'COMMITTENTE, e dovranno inoltre essere resi disponibili su file.

In particolare i formati dei file consegnati dovranno essere compatibili con i seguenti software:

- AUTOCAD, per la grafica 2D e 3D;
- MS-WORD per Windows per la redazione dei testi;

- MS-EXCEL per Windows per il calcolo e la redazione di tabelle e/o grafici;
- formati “raster” più diffusi (.pdf, .tif, .jpg, .pcx, ecc.) per i certificati e gli altri elaborati tecnici (certificati di calibrazione strumenti, grafici, ecc.).

In aggiunta, potrà essere concordata con l'COMMITTENTE la fornitura delle stratigrafie di sondaggio in formato diverso (modificabile).

Tutti gli elaborati tecnici e grafici relativi alle indagini effettuate (schede stratigrafiche, listati e diagrammi di prove penetrometriche statiche o dinamiche, indagini geofisiche, ecc.), unitamente ai certificati di laboratorio (qualora non sottoscritti dal Direttore dello stesso) saranno redatti e firmati, per le parti di rispettiva competenza, dal Responsabile di sito e dal Direttore del Laboratorio (Geologo o Ingegnere specializzato nelle discipline geotecniche, iscritti all'Albo Professionale). Le operazioni d'indagine saranno considerate ultimate all'atto della trasmissione formale all'COMMITTENTE della documentazione tecnica definitiva relativa alle stesse. L'Appaltatore dovrà comunque tenere aggiornata la documentazione preliminare dei lavori e trasmetterla con frequenza almeno settimanale al funzionario COMMITTENTE incaricato del controllo delle indagini.

L'Appaltatore provvederà alle operazioni topografiche di rilievo planoaltimetrico di ogni singolo punto di prova, secondo le modalità e le procedure indicate dall'COMMITTENTE. Sarà a sua cura il reperimento degli elementi di appoggio del rilievo topografico (capisaldi, coordinate, ecc.). Di tali operazioni l'Appaltatore fornirà all'COMMITTENTE i relativi elaborati grafici.

In particolare, dovrà essere prodotto uno specifico elaborato (Rapporto tecnico sui rilievi planoaltimetrici) nel quale verrà esposta la metodologia utilizzata, il sistema di riferimento o la rete di stazioni GNSS utilizzati, i capisaldi di appoggio e/o le stazioni permanenti e virtuali per i rilievi GPS ed i relativi apparati, il grado di precisione/approssimazione delle misure, e corredato da una scheda di rilievo monografica per ogni punto rilevato, recante le coordinate planimetriche nel sistema di riferimento indicato (usualmente duplice: Gauss-Boaga e WGS84), la quota e la documentazione fotografica relativa alle operazioni di rilievo di campagna.

Le indagini geognostiche e geofisiche saranno georeferenziate in un apposito elaborato (Ubicazione planimetrica indagini) nella scala indicata dal dall'COMMITTENTE, con i seguenti contenuti:

- ubicazione di tutte le indagini eseguite nell'area interessata dal progetto;
- simbologia per i diversi tipi di indagini e codice identificativo di ciascuna di esse, riportato in planimetria;
- tabella riepilogativa delle coordinate delle indagini.

Norme per la valutazione

La contabilizzazione e la conseguente valorizzazione delle operazioni eseguite verrà effettuata dal COMMITTENTE successivamente alla consegna della documentazione tecnica ad esse relativa ed al completo recepimento delle osservazioni formulate dal COMMITTENTE in ordine ad eventuali carenze o incompletezza della documentazione fornita. Il COMMITTENTE, quindi, sottoporrà all'Appaltatore il relativo libretto delle misure per la necessaria accettazione.

L'Appaltatore, nel corso dello svolgimento dei servizi, sarà comunque tenuto a seguire per proprio conto l'avanzamento e la quantificazione delle operazioni tecniche, affinché l'importo degli stessi venga contenuto entro l'ammontare complessivo indicato nel Disciplinare/Contratto.

I servizi verranno quantificati a misura, in base ai prezzi unitari, allegati al Disciplinare/Contratto, che risultano dall'apposito Elenco prezzi COMMITTENTE in vigore, con le deduzioni del ribasso pattuito. Tali prezzi comprendono ogni spesa per forniture, trasporti, ecc., le quote per assicurazioni sociali del personale, ogni spesa per dare a piè d'opera macchinari, strumentazioni, dispositivi, ecc., nonché tutte le spese per prelievi, prove in sito e/o in laboratorio, per i mezzi d'opera provvisori, nessuna esclusa, e quanto altro occorra per dare i servizi completi a perfetta regola d'arte, intendendosi nei prezzi stessi compreso ogni compenso per gli oneri tutti che l'Appaltatore dovrà sostenere a tale scopo.

I prezzi medesimi, diminuiti del ribasso offerto e sotto le condizioni contenute nel Disciplinare/Contratto, s'intendono accettati dall'Appaltatore, in base a sue valutazioni e sono, quindi, da intendersi invariabili durante lo svolgimento dei servizi ed indipendenti da qualsiasi eventualità.

La valorizzazione di eventuali operazioni aggiuntive non previste verrà concordata con l'Appaltatore ed effettuata applicando l'Elenco Prezzi COMMITTENTE in vigore, deducendo dai corrispondenti articoli il ribasso offerto.

Attività relative al cantiere geognostico

Saranno considerati a carico dell'Appaltatore:

- l'approntamento delle attrezzature di sondaggio e del cantiere geognostico ed il loro posizionamento sui punti d'indagine;
- il trasporto in andata e ritorno di attrezzature e personale al sito di cantiere.

E' inoltre previsto a carico dell'Appaltatore il montaggio del cantiere, consistente nell'allestimento di un'area da dedicare a deposito, magazzino e officina, e sulla quale potranno eventualmente, in base all'entità del cantiere, essere eretti opportuni baraccamenti. In tale area si provvederà, all'arrivo delle attrezzature, al loro montaggio e verifica, precedentemente all'invio sulla prima postazione.

Le profondità di perforazione saranno valutate dal piano d'imposta dell'attrezzatura. Nell'importo a misura previsto, relativo alla perforazione, è compreso qualsiasi onere ed in particolare quelli di seguito elencati, relativi:

- alla fornitura o al noleggio di un idoneo mezzo di approvvigionamento di acqua necessaria alle perforazioni, qualora questa non sia reperibile nelle immediate vicinanze del sondaggio;
- all'eventuale preparazione di vasche di recupero dei fanghi (che saranno fuori terra), e all'utilizzazione di eventuali tubazioni e manichette per l'approvvigionamento idrico da acquedotto o da altra sorgente d'acqua;
- alla guardiania e custodia delle attrezzature di rilevazione installate e dei campioni prelevati al fine di garantirne la validità ed attendibilità per tutto il periodo di rilevazione previsto;
- alle indennità di occupazione ed ai danni comunque provocati per le esecuzioni del sondaggio e per le operazioni connesse;
- alle eventuali soste disposte, con ordine di servizio, dall'COMMITTENTE;
- all'allontanamento dei detriti estratti, all'eventuale riempimento a chiusura, anche con argilla fluidificata e boiaccia di cemento, del foro eseguito ed al ripristino delle condizioni;
- al trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta comunque connessi con le attività di sondaggio;
- alla realizzazione delle opere di drenaggio necessarie a garantire il regolare deflusso delle acque superficiali al fine di evitare inconvenienti ai sondaggi in corso e di prevenire possibili danni alle aree limitrofe a quelle di lavoro;
- alla prestazione del personale tecnico e della manovalanza, alla fornitura ed all'impiego di energia, di combustibile, di acqua, di cemento, di fanghi bentonitici, di additivi, di sacchetti per la conservazione dei campioni, delle cassette catalogatrici ed all'impiego di pompe e di eventuali tubazioni di rivestimento;
- ai perditempi relativi ed agli oneri particolari derivanti dall'estrazione e conservazione in cantiere, per tutta la durata dei lavori, dei campioni estratti chiusi in

sacchetti di plastica e collocati con le indicazioni necessarie entro le apposite cassette catalogatrici;

- all'esecuzione del foro di sonda con sistemi, materiali od attrezzature, tali da impedire frane nel foro stesso e garantire la sua accessibilità completa;
- all'eventuale lavaggio dei fori ed alla rimozione ed allontanamento dei detriti;
- al rilievo completo delle caratteristiche delle falde di acqua eventualmente incontrate con il sondaggio;
- alla cementazione del sondaggio, una volta completato, con materiali idonei, da approvvigionare (sabbia/ghiaia) additivati con malta idraulica e cementizia, al fine di impedire infiltrazioni di acqua nel sottosuolo;
- alla movimentazione delle cassette catalogatrici ed al prelievo successivo, da queste, di campioni rimaneggiati e/o spezzoni di carota.

L'Appaltatore provvederà agli spostamenti da un foro all'altro, all'eventuale fornitura dei mezzi di trasporto e traino, alla formazione delle vasche per i fanghi di circolazione, al montaggio sul posto dell'attrezzatura stessa.

Di seguito si richiama l'attenzione su alcuni oneri particolari, a cui l'Appaltatore è tenuto in quanto compresi nel compenso complessivo previsto:

- provvedere alla lettura di "zero" ed alla redazione del collaudo della strumentazione geotecnica installata (piezometri, inclinometri, assestimetri, estensimetri, altro);
- prelevare e conservare opportunamente i campioni indisturbati, provvedere alla loro idonea conservazione in luogo adatto, e consegnarli, a propria cura e spese, al laboratorio accreditato ed inserito nell'elenco depositato presso il C.S.LL.PP. alle categorie A (prove su terre) e B (prove su rocce), che dovrà essere preliminarmente comunicato ed accettato dal COMMITTENTE;
- assicurarsi preventivamente, e tempestivamente, dell'idoneità e della qualità dei campioni pervenuti in laboratorio, comunicando immediatamente al COMMITTENTE eventuali carenze o anomalie;
- fornire la documentazione e le specifiche tecniche relative all'attrezzatura penetrometrica, dilatometrica, pressiometrica e per prove di permeabilità in foro, da utilizzare;
- fornire la documentazione, le specifiche tecniche e la certificazione di taratura aggiornata dei martinetti, relative all'attrezzatura per le prove di carico su piastra;
- garantire la perfetta efficienza dell'attrezzatura installata ed il completamento del foro, per l'esecuzione delle prospezioni geofisiche;

- verificare, preventivamente all'esecuzione delle prove geofisiche in foro, la correttezza del tipo o delle modalità di cementazione della tubazione utilizzata e del relativo corredo: la società Affidataria si impegna, pertanto, a comunicare tempestivamente al COMMITTENTE la presenza di eventuali anomalie o carenze che venissero riscontrate;
- curare la redazione dei rapporti da sottoscrivere e della restante documentazione prevista.

L'Appaltatore è inoltre tenuto a predisporre a propria cura e spese, per l'intera durata del cantiere geognostico e nelle vicinanze dello stesso, un deposito coperto e protetto dalle intemperie, idoneo alla conservazione delle cassette catalogatrici contenenti le carote dei sondaggi eseguiti ed alla loro protezione dagli agenti atmosferici, garantendone l'accesso in qualsiasi momento all'COMMITTENTE. In occasione dei sopralluoghi ispettivi le cassette dovranno essere disposte a terra in sequenza progressiva. In tale deposito le cassette dovranno essere trasportate e conservate sotto la responsabilità dell'Appaltatore, fino a che non siano trascorsi 60 (sessanta) giorni dalla data di ultimazione dei servizi; trascorso tale termine queste verranno collocate definitivamente nei siti indicati dall'COMMITTENTE o smaltite a cura ed onere dell'Appaltatore. Durante tale periodo l'Appaltatore garantirà, su richiesta dell'COMMITTENTE, la disponibilità all'eventuale prelievo di campioni rimaneggiati aggiuntivi o altre analisi/determinazioni.

Ogni gruppo sonda, posizionato in corrispondenza del singolo punto di sondaggio, dovrà essere corredato dalla completa dotazione di attrezzature, utensili ed accessori necessari ad attraversare, campionare e caratterizzare qualsiasi tipo di terreno (carotieri e corone di diversa lunghezza e tipo, rivestimenti, campionatori ordinari tipo Shelby, rotativi tipo Denison, idraulici tipo Osterberg, maglio SPT ed apposite aste di lunghezza adeguata, ecc.).

Nel corso delle perforazioni sarà di norma privilegiato l'impiego di carotieri doppi o tripli, indispensabili ovunque si preveda la presenza di formazioni complesse e strutturate (flysch, metamorfiti, scisti, ecc.) e comunque litoidi, al fine di ottenere un recupero il più possibile rappresentativo della struttura dei terreni attraversati. Per l'attraversamento di terreni litoidi intensamente fratturati sarà prescritto l'utilizzo di carotieri tripli, apribili longitudinalmente (tipo T6S). L'impiego del carotiere semplice, di norma, sarà limitato alla perforazione di terreni omogenei recenti (argille, limi, ecc.) e comunque previa approvazione dell'COMMITTENTE. Non è di norma consentita, se non in terreni a struttura manifestamente omogenea, l'esecuzione di manovre con carotieri di lunghezza superiore a m 1.50.

Qualora la qualità e la percentuale di carotaggio, a giudizio insindacabile dell'COMMITTENTE, non rispettassero i requisiti minimi previsti dalle Norme Tecniche, i relativi tratti verranno compensati applicando ad essi, in luogo della voce a carotaggio continuo, la corrispondente voce a distruzione di nucleo.

Prove penetrometriche statiche o dinamiche

La predisposizione di una piazzola di dimensioni adeguate a quella della macchina prevista come pure le piste d'accesso, saranno a cura e spese dell'Appaltatore, in quanto comprese nel compenso stabilito. Questi provvederà, inoltre, agli spostamenti da un punto all'altro, all'eventuale fornitura di mezzi di trasporto e traino, al montaggio sul posto dell'attrezzatura stessa, nonché alle operazioni topografiche di tracciato e/o rilievo planoaltimetrico dei singoli punti di prova e quanto altro già previsto per i sondaggi geognostici.

Qualora la prova penetrometrica richiedesse per il suo completamento l'esecuzione di uno o più prefiori sulla stessa verticale, sarà a carico dell'Appaltatore ogni onere relativo al piazzamento, sulla postazione, del penetrometro e della sonda ed ai successivi piazzamenti alternati oltre a quello dello spostamento delle macchine, della manovra di immissione a vuoto e successiva estrazione della batteria di aste tanto del penetrometro quanto della sonda come pure del tempo di fermo di una delle due attrezzature impiegate intendendosi compensati con i prezzi di cui all'unito elenco, relativi all'esecuzione della prova stessa.

Campioni indisturbati e determinazioni di laboratorio

Gli oneri previsti per il prelievo dei campioni indisturbati includono:

la scelta e l'utilizzo del campionatore più idoneo per le litologie incontrate;

la completa pulizia del fondo foro prima del prelievo;

- la sigillatura del contenitore del campione con idonei mezzi atti a garantire l'impermeabilità;
- l'etichettatura dello stesso;
- la fornitura della fustella.

La spedizione di campioni dal cantiere al Laboratorio geotecnico verrà effettuata a cura e spese dell'Appaltatore, con il mezzo più rapido atto a contenere il disturbo recato ai campioni stessi. Qualora il campione non venga recuperato per obiettive difficoltà proprie del terreno da campionare la manovra dovrà essere ripetuta a cura e spese dell'Appaltatore.

Il prelievo di spezzoni di carota di consistenza litoide da cassetta verrà compensato con il prezzo relativo al prelievo di campioni rimaneggiati.

All'atto della comunicazione, da parte del laboratorio appaltatore, dell'elenco dei campioni pervenuti in laboratorio, completo di quota di prelievo e descrizione della litologia di

riferimento, l'COMMITTENTE fornirà una tabella in cui verranno specificate le determinazioni da effettuare su ogni singolo campione.

Le analisi di laboratorio geotecnico dovranno seguire il seguente iter:

- a) ricevimento ed immagazzinamento campioni: identificazione dei campioni, facendo riscontro alle distinte o alle stratigrafie di accompagnamento;
- b) apertura e descrizione campioni;
- c) esecuzione dell'attività di laboratorio: l'identificazione derivante dalle fasi a) e b) dovrà seguire il materiale durante l'esecuzione dell'attività di laboratorio;
- d) elaborazione e documentazione: l'identificazione del campione dovrà essere riportata nel corso dei procedimenti di elaborazione e dovrà comparire nei Certificati Ufficiali dei risultati dell'attività svolta.

3.1 *Indagini geognostiche*

3.1.1 *Sondaggi geognostici*

3.1.1.1 *Pozzetti geognostici*

- Descrizione

Comprendono tecniche a basso costo quali:

- trincea: eseguita con scavo a mano e/o con mezzi meccanici, generalmente a profondità di 2 - 4 m (al massimo fino a 6 - 7 m);
- pozzi sonda: eseguiti con scavo a mano e/o con mezzi meccanici, con le relative armature e/o opere di sostegno;

Gli scavi dovranno risultare ispezionabili ed in sicurezza per tutto il tempo necessario per le indagini.

Se lo scavo è spinto al di sotto della falda valgono le prescrizioni riportate nella Sezione “Movimenti di terra” del relativo Capitolato.

Il mantenimento degli scavi aperti, comporta l'obbligo di adeguati provvedimenti contro infortuni e danni a terzi, rispettando la Normativa in materia di prevenzione infortuni ed igiene del lavoro.

- Modalità esecutive

Si richiede una larghezza minima di 2.5 m; per le operazioni di campionamento si richiede una sezione orizzontale di almeno 1.0x1.5 m².

L'armatura di sostegno dovrà essere commisurata alle spinte prevedibili del terreno alle varie profondità, nelle condizioni più sfavorevoli.

L'occlusione definitiva degli scavi deve essere condotta in modo da non alterare il naturale deflusso delle acque superficiali e sotterranee e da non pregiudicare la stabilità dei versanti interessati o di manufatti in prossimità.

All'interno degli scavi si potranno recuperare, con modalità ed attrezzature idonee:

- campioni rimaneggiati (cubici, cilindrici, sciolti);
- campioni indisturbati (cubici, cilindrici).

Il contenitore recherà un'etichetta o una scritta che identifichi chiaramente il campione:

- Cantiere
- N. del pozzetto esplorativo

- N. del campione
- Quota di prelievo
- Parte alta del campione

Il prelievo deve essere realizzato su fronti di scavo freschi, dopo aver asportato lo strato superficiale disseccato, alterato o allentato, e documentato con esaustiva documentazione fotografica.

- Documentazione finale

Consta di:

- Rapporto tecnico conclusivo, riportante l’ubicazione dei punti scavo, la descrizione delle attrezzature e della metodologia utilizzata;

Allegati alla relazione riportanti la stratigrafia del pozzetto, con indicazione delle caratteristiche litologiche, delle quote di prelievo dei campioni e dell’eventuale presenza di acqua, le foto della postazione e del fronte di scavo con apposizione di riferimento metrico.

3.1.1.2 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo

- Descrizione

Il sondaggio geognostico permette di analizzare il terreno in profondità per la valutazione delle sue caratteristiche geologiche e geotecniche.

Il corredo della sonda deve essere completo di tutti gli accessori necessari per l'esecuzione del lavoro e norma di specifica e degli utensili per la riparazione dei guasti di ordinaria entità, nonché di argano a fune. Qualsiasi lavorazione prevista e non eseguita per carenza di attrezzature in cantiere, comporterà l’interruzione non remunerata del cantiere fino alla esecuzione di quanto richiesto dalla D.L..

Gli utensili utilizzati per la perforazione, dovranno essere disponibili in sito in tutti i casi in cui siano di fatto impiegabili e comunque fare parte della dotazione dell’Impresa, in modo da poter essere rapidamente trasferiti in cantiere qualora necessari. Essi sono rappresentati da:

- Carotieri semplici, con valvola di testa a sfera e calice.
- Diametro nominale $\varnothing_{est} = 101 \div 146$ mm
- Lunghezza utile $l = 150 \div 300$ cm

- Carotiere doppio a corona sottile (T2, T6) con estrattore.
- Diametro nominale $\varnothing_{est} = 100$ mm
- Carotiere triplo con portacampione interno estraibile ed apribile longitudinalmente (T6S), con estrattore e calice.
- Diametro nominale $\varnothing_{est} = 100$ mm
- Corone di perforazione in widia e diamantate.
- Aste di perforazione con filettatura tronco-conica.
- Diametro esterno $\varnothing_{est} = 60 \div 76$ mm.

Nella eventualità di procedere alla pulizia del fondo foro, dovrà essere disponibile in cantiere:

- Carotiere semplice, $l = 40 \div 80$ cm
- Attrezzo a fori radiali, da impiegarsi con circolazione del fluido uscente dall'utensile con inclinazione di $45^\circ \div 90^\circ$ rispetto alla verticale.
- Campionate a pareti grosse $\varnothing 100$ mm, con cestello di ritenuta alla base, per l'asportazione di eventuali ciottoli.

Nel caso di utilizzo di rivestimenti associati alla perforazione ad aste, essi saranno in acciaio, con le seguenti caratteristiche:

- Spessore tubo - $S = 8 \div 10$ mm
- Diametro interno $\varnothing_{int} = 107 \div 162$ mm
- Lunghezza spezzoni - $l = 150 \div 200$ cm

L'Impresa potrà impiegare rivestimenti con diverse caratteristiche, in relazione al tipo di attrezzatura di perforazione prescelta, informando preventivamente la Direzione Lavori.

Dovranno fare parte del corredo permanente della attrezzatura da perforazione tutti gli strumenti portatili necessari (Scandaglio a filo graduato, freatimetro da 50 m, penetrometro tascabile, con fondo scala maggiore o uguale a 500 kPa, scissometro tascabile).

- Modalità esecutive

Il sondaggio geotecnico deve essere eseguito come di seguito indicato.

Carotaggio integrale con percentuale di recupero $\geq 85\%$. e qualità tale da consentire la completa percezione, in forma inalterata, della struttura originaria del terreno (laminazione, scistosità, ecc.), da eseguire a secco, senza fluido di perforazione in circolo se con carotiere semplice, con circolazione di fluido se con carotieri tipo T2, T6, T6S.

I carotieri saranno azionati ad aste; è ammesso, in alternativa, l'uso di sistemi "wire-line" purché si ottenga la richiesta percentuale di carotaggio e non si producano dilavamenti e/o rammollimenti del materiale.

Qualora ordinato, l'Impresa dovrà desistere dall'uso di sistemi wire-line per proseguire con il tradizionale sistema ad aste.

La perforazione, in assenza di sufficiente autosostentamento delle pareti, sarà seguita dal rivestimento provvisorio del foro. La necessità di impiego del rivestimento provvisorio è da verificarsi caso per caso, in relazione alle reali caratteristiche del terreno. I fenomeni di rifluimento riscontrati nel corso della perforazione dovranno essere opportunamente segnalati e riportati nei relativi logs stratigrafici.

Le manovre di rivestimento possono essere eseguite con l'uso di fluido in circolazione, curando che la pressione del fluido sia la minore possibile e controllandola mediante manometro.

Il disturbo arrecato al terreno deve essere contenuto al minimo, fermando se necessario la scarpa del rivestimento a circa 50 cm dal fondo foro (con l'esclusione del metodo wire-line) in modo da non investirlo in forma eccessivamente diretta con il getto di fluido in pressione.

Il battente di fluido in colonna deve essere mantenuto prossimo a bocca foro mediante rabbocchi progressivi specialmente durante l'estrazione del carotiere e delle aste, che deve avvenire con velocità iniziale molto bassa ($1 \div 2$ cm/sec) ed essere eventualmente intervallata da pause di attesa per il ristabilimento della pressione idrostatica del fluido sul fondo foro.

Debbono essere evitati indesiderabili effetti di risucchio, che possono anche verificarsi nel caso di brusco sollevamento della batteria di rivestimento, qualora occlusa all'estremità inferiore dal terreno per insufficiente circolazione di fluido durante l'infissione.

La quota del fondo foro sarà misurata con scandaglio a filo graduato prima di ogni manovra di campionamento indisturbato e di prova geotecnica SPT.

In tutti i casi nei quali non ci sia pericolo di repentini collassi del foro nel tratto non rivestito, il prelievo di campioni in foro o l'esecuzione di prove geotecniche SPT dovrà seguire la manovra di perforazione con carotiere e invece precedere la manovra di rivestimento fino a fondo foro.

Il rivestimento sarà se necessario eseguito a campionamento/prova SPT ultimati, in modo da evitare che il prelievo o la prova interessino uno strato di terreno disturbato dal getto di fluido

Apposite manovre di pulizia saranno eseguite qualora la differenza tra quota raggiunta con la perforazione e quota misurata con scandaglio superi le seguenti tolleranze:

- 7 cm, prima dell'uso di campionatori privi di pistone fisso o sganciabile meccanicamente e di prove SPT;
- 15 cm, prima dell'uso di campionatori con pistone fisso o sganciabile meccanicamente.

Il foro di sondaggio sarà riempito con miscela cementizia costituita dai seguenti componenti nelle proporzioni elencate (in peso):

- acqua 100
- cemento 30
- bentonite 5

L'inserimento della miscela nel foro di sondaggio sarà eseguito dal fondo, in risalita, con una batteria di tubi apposita o con manichetta flessibile.

Lo *stato di aggregazione* sarà descritto a complemento della identificazione litologica precisando se la struttura è compatta (non si distinguono i costituenti la roccia ad occhio nudo), granulare (si distinguono macroscopicamente i diversi costituenti), orientata (i costituenti hanno orientazioni preferenziali per laminazione, scistosità o altro).

Verrà indicato il grado di alterazione:

Tabella 1. Grado di alterazione della roccia.

Caratteristica	Descrizione
Assente	nessun segno visibile di alterazione, roccia sana, cristalli lucenti
Debole	i piani di discontinuità sono patinati e decolorati, con possibili sottili strati di riempimento. La decolorazione può penetrare nella roccia per spessori fino al 20% della spaziatura dei piani di discontinuità
Media	la decolorazione penetra nella roccia per spessori al 20% della spaziatura dei piani di discontinuità, che possono contenere riempimenti di materiale alterato. Possono essere osservabili parziali aperture dei legami intergranulari
Elevata	la decolorazione interessa per intero la roccia, che è in parte friabile. L'originale struttura della roccia è conservata, ma i cristalli sono separati fra loro

Intensa	la roccia è completamente decolorata, decomposta e friabile, con l'aspetto esteriore di un suolo. Internamente la struttura originale può essere riconoscibile, ma la separazione fra i cristalli è completa
---------	--

Il *recupero percentuale di carotaggio* sarà annotato come sommatoria, espressa in percentuale, della lunghezza dei singoli spezzoni recuperati in rapporto alla lunghezza totale del tratto perforato.

L'*indice R.Q.D.*, calcolato come sommatoria, espressa in percentuale, della lunghezza dei singoli spezzoni maggiori o uguali a 10 cm recuperati in rapporto alla lunghezza totale del tratto perforato, sarà annotato considerando le sole discontinuità naturali presenti nella roccia, raggruppando tratti perforati piuttosto omogenei da questo punto di vista.

La percentuale di recupero modificata (RQD) dove il grado di alterazione non è intenso o elevato, verrà determinata in accordo alla seguente espressione:

$$RQD = \frac{\sum l_i}{l_f} \cdot 100$$

per:

l_i = singole lunghezze dei pezzi di carota maggiori di 10 cm

l_f = lunghezza totale del tratto perforato

Le *dimensioni di ciascun spezzone di roccia* saranno stimate ed annotate individuando classi di lunghezze differenti fra loro di 5 cm una dall'altra.

Il *tipo di ciascun giunto o discontinuità* costituente un piano di separazione o debolezza (frattura, faglia, piano di strato, piano di scistosità) sarà distinto ed annotato.

Stratificazione: si indicheranno i piani di strato visibili, precisandone la spaziatura media e l'intervallo di variazione tipico dello spessore degli strati stessi, e la presenza di eventuali strutture sedimentarie, quali stratificazione o laminazione incrociate.

Regolari alternanze di diversi tipi litologici (ad esempio: sabbie ed argille, marne e calcareniti) potranno essere definite con il termine di "interstratificazione" precisando la media aritmetica dello spessore dei livelli e descrivendo il ritmo delle alternanze.

Fratturazione:

Tabella 2. Fratturazione della roccia.

Caratteristica	Misura
----------------	--------

Fratture molto ravvicinate	< 6 cm
Fratture ravvicinate	6 ÷ 20 cm
Fratture moderatamente ravvicinate	20 ÷ 60 cm
Fratture distanziate	60 ÷ 200 cm
Fratture molto distanziate	> 200 cm

Scistosità, piani di taglio: si indicherà la presenza, la spaziatura e le caratteristiche della scistosità (orientazione visiva della roccia dovuta a minerali lamellari o prismatici) e di piani di taglio (in terreni coesivi, granulari o rocciosi).

Strutture particolari: si indicherà la presenza e le caratteristiche di strutture particolari legati a processi di alterazione o trasporto, quali la presenza di clasti in matrice soffice o isole di materiale poco alterato in matrice profondamente alterata, e simili.

L'*inclinazione* di ogni giunto sarà espressa come angolo, misurato in senso orario, tra la perpendicolare all'asse di perforazione e il piano di discontinuità.

La *durezza* delle pareti sarà stimata in base ai criteri di scalfibilità con unghia, di scalfibilità con punta d'acciaio, di scarsa scalfibilità con punta di acciaio. Sarà inoltre misurato l'indice JCS (Joint Compressive Strength) tramite l'uso dello sclerometro (Schmidt Hammer), eseguendo la prova su spezzone di carota immobilizzato con apposito strumento di supporto.

La *rugosità* di ogni giunto alla scala della carota sarà definita con riferimento al valore d'indice JRC (Joint Roughness Coefficient), con l'uso di un profilatore a pettine (Shape Tracer di Barton) o, in alternativa, indicando una valutazione del grado di scabrezza.

Il tipo e lo spessore del *riempimento dei giunti* saranno definiti precisando composizione granulometrica e/o mineralogica e la compattezza dello stesso. In particolare, si deve precisare se all'interno del giunto si nota materiale trasportato e deposto o materiale derivato dal disfacimento o dalla frizione della roccia.

Per quanto non ulteriormente precisato valgono le indicazioni della ISRM (Suggested Methods). Tutti gli elementi sopraelencati dovranno figurare in moduli stratigrafici appositi.

Fluidi di circolazione

Il fluido di circolazione nelle fasi di perforazione, qualora consentito, e di rivestimento, sarà costituito da:

- acqua;
- fango bentonitico;
- fanghi polimerici.

L'uso di sola acqua pulita è obbligatorio nel caso si eseguano prove di permeabilità in foro.

Nel caso di installazione di piezometri, è ammesso l'uso di acqua o di fanghi polimerici, biodegradabili entro 72 h.

L'Impresa potrà proporre l'uso di fluidi diversi dai sopra elencati, con la condizione che in ogni caso il fluido prescelto, oltre ad esercitare le funzioni di raffreddamento, asportazione detriti ed eventuale sostentamento, sia in grado di non pregiudicare la qualità del carotaggio, l'esito delle prove geotecniche ed il funzionamento della strumentazione e che, comunque, sia biodegradabile.

Carote estratte

Le carote estratte nel corso della perforazione verranno sistemate in apposite cassette catalogatrici (in legno, metallo, plastica o similari), munite di scomparti divisorii e coperchio apribile a cerniera. Le carote coesive verranno scortecciate adeguatamente (taglio trasversale di almeno 5 cm), le lapidee lavate. La documentazione fotografica verrà realizzata immediatamente dopo le succitate procedure.

Dei setti separatori suddivideranno i recuperi delle singole manovre, recando indicate le quote rispetto al p.c.

Negli scomparti saranno inseriti blocchetti di legno o simili a testimoniare gli spezzoni di carota prelevati ed asportati per il laboratorio con le quote di inizio e fine di tali prelievi.

- Documentazione finale

Si dovrà compilare una scheda stratigrafica del sondaggio completa di tutte le indicazioni necessarie alla descrizione con criteri geologici e geotecnici del materiale carotato, che con la dicitura: “bozza”, dovrà essere inviata entro 24 ore al Committente. Eventuali ritardi comporteranno riduzioni sul compenso per perforazione, comprese tra il 5 – 20 %, a giudizio insindacabile del COMMITTENTE.

Sulla scheda stratigrafica devono essere specificati:

- date di perforazione

- metodo di perforazione
- attrezzature impiegate
- diametri di perforazione e di rivestimento
- tipo di fluidi di circolazione impiegati
- quota della testa foro rispetto a livello marino e coordinate planimetriche

La descrizione stratigrafica in bozza sarà compilata in modo tale da specificare, per ciascuno strato ed in forma sintetica ma efficace, quanto relativo ai punti sotto elencati:

- tipo di terreno
- condizioni di umidità naturale
- consistenza
- colore
- struttura
- particolarità
- litologia ed origine
- caratteri strutturali del sondaggio (per sondaggi geomeccanici)

La scheda stratigrafica in bozza comprenderà inoltre delle osservazioni in merito alla falda idrica, compatibilmente con le modalità esecutive del sondaggio e con la strumentazione installata, con l'annotazione delle letture del livello piezometrico nel foro di sondaggio rilevate ad inizio/fine di ogni giornata lavorativa.

La scheda stratigrafica, inoltre, dovrà essere completa della documentazione fotografica delle cassette catalogatrici.

3.1.2 *Sondaggio geognostico ad andamento direzionato*

Vengono realizzati per definire la litostratigrafia del terreno secondo traiettorie suborizzontali o comunque orientate.

I sondaggi devono essere eseguiti a carotaggio integrale del terreno attraversato. Le attrezzature e le modalità di esecuzione, salvo accorgimenti necessari per garantire il recupero di carote in percentuale non inferiore all'80%, sono analoghe a quelle previste per gli altri tipi di sondaggi.

La documentazione del sondaggio geognostico ad andamento direzionato sarà eseguita secondo i criteri già riportati per gli altri tipi di sondaggio.

3.1.3 *Sondaggi verticali a distruzione di nucleo*

Saranno realizzati per permettere, entro gli stessi, la esecuzione di prove e/o l'installazione di strumenti di vario genere e tipo.

La loro realizzazione dovrà quindi essere sempre eseguita tenendo conto di quanto prescritto per le prove o gli strumenti per cui il foro è connesso.

Potranno essere richiesti anche per la perforazione di prefiori in appoggio a preparazioni di altre prove in sito, quali prove penetrometriche statiche, dilatometriche e similari, di emungimento.

Per la perforazione si potrà utilizzare:

- Sonda a rotazione completa di pompa per la circolazione dei fanghi e dispositivi per la loro preparazione.
- Altre sonde proposte dall'Impresa, il cui utilizzo sarà preventivamente comunicato alla DL.

Si potranno utilizzare come utensili di perforazione:

- Carotieri semplici o doppi.
- Triconi o utensili a distribuzione dotati di fori radiali per la fuoriuscita del fluido.
- Altri utensili proposti dall'Impresa il cui utilizzo sarà preventivamente comunicato alla DL.

Il diametro di perforazione sarà di 70 ÷ 150 mm, comunque da definire in funzione delle prove o degli strumenti da eseguire o installare nel foro.

Sono ammesse modalità di perforazione varie, comunque tali da garantire il sostentamento delle pareti del foro, il contenimento del fondo foro e la minimizzazione dei disturbi arrecati al terreno nei tratti di prova.

Per ciascun foro si compilerà una scheda con le seguenti indicazioni:

- informazioni generali;
- quota assoluta del punto di indagine;
- nominativo del compilatore;
- attrezzatura impiegata;
- diametro di perforazione;
- diametro dell'eventuale rivestimento;

- dati relativi alle prove o all'installazione;
- stratigrafia approssimativa in base ai detriti di perforazione.

3.1.4 *Campionamento geotecnico nei sondaggi*

Per la determinazione delle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni devono essere prelevati campioni che mantengano la struttura, il contenuto d’acqua e l’eventuale consistenza propri del terreno nella sua sede (campioni indisturbati); per la determinazione, in generale, delle sole proprietà fisiche devono essere prelevati campioni senza particolari accorgimenti contro la perdita di umidità (campioni rimaneggiati). In terreni rocciosi vengono prelevati spezzoni, di idonea lunghezza, di carota lapidea da cassetta, numerandoli e specificando quota di prelievo e verso (alto/basso), scartando spezzoni visibilmente fessurati.

Campioni indisturbati

I campionatori da utilizzarsi impiegano la fustella a pareti sottili in acciaio inox, nel rispetto dei seguenti parametri dimensionali:

- rapporto $L/D_i \approx 8$
- rapporto delle aree:

$$c_p = \frac{D_{est}^2 - D_i^2}{D_i^2} \cdot 100 = 9 \div 13;$$

- coefficiente di spoglia interna:

$$c_i = \frac{D_i - D}{D} \cdot 100 = 0.0 \div 1.0$$

- diametro utile ≥ 85 mm

L = lunghezza utile della fustella

D_i = diametro interno della fustella

D_{est} = diametro esterno della fustella

D = diametro all'imboccatura della fustella

La fustella dovrà essere liscia, priva di cordoli, non ovalizzata, con taglienti efficaci. Il prelievo dei campioni potrà essere eseguito, a seconda della compattezza del terreno, con l'uso dei seguenti strumenti:

- campionatore a pistone infisso idraulicamente;
- campionatore rotativo a pareti sottili;
- campionatore a rotazione a doppia parete a scarpa tagliente avanzata;
- altri campionatori (il cui utilizzo sarà preventivamente comunicato alla DL).

Il *campionatore ad infissione idraulica* del pistone può essere utilizzato con profitto in terreni coesivi aventi resistenza al taglio non drenata ≤ 200 kPa;

Il *campionatore rotativo a pareti sottili*, con scarpa sporgente, permette di campionare i terreni la cui consistenza arresta l'infissione a pressione della fustella. Viene spinto e ruotato meccanicamente dalla batteria di aste, con fluido in circolazione.

I *campionatori a rotazione a doppia parete* con scarpa tagliente avanzata, dovranno essere impiegati in terreni coesivi di elevata consistenza nei quali non sia possibile l'infissione di campionatori a pressione.

Altri tipi di campionatore potranno essere utilizzati dall'Impresa informando preventivamente il COMMITTENTE.

L'infissione del campionatore dovrà sempre avvenire in un'unica tratta.

I *campionatori a pistone* dovranno essere costruiti in modo da poter portare alla pressione atmosferica, a fine prelievo, la superficie di contatto fra la parte alta del campione ed il pistone.

Nel campionatore rotativo, la sporgenza della fustella dal carotiere esterno può essere regolata a priori fra 0.5 e 3 cm, ma deve poi rimanere costante durante ciascun prelievo.

Il prelievo di campioni indisturbati dovrà seguire la manovra di perforazione e precedere quella di rivestimento a quota; nel caso l'autosostentamento del foro nel tratto scoperto non esista anche per il breve lasso di tempo necessario al prelievo, si rivestirà prima di campionare avendo cura di fermare l'estremità inferiore del rivestimento metallico provvisorio 0,2 ÷ 0,5 m più alta della quota di inizio prelievo, ripulendo quindi il fondo foro.

Si dovrà inoltre evitare qualsiasi eccesso di pressione nel fluido di perforazione, nella fase di installazione dei rivestimenti.

A tal fine, la pressione del fluido a testa foro dovrà essere controllabile in ogni istante attraverso un manometro di basso fondo scala (10 bar), da escludersi nelle fasi di campionamento con infissione idraulica della fustella, ove sono necessarie pressioni maggiori.

Le due estremità dei campioni indisturbati devono essere sigillate subito dopo il prelievo con uno strato di paraffina fusa e tappo di protezione.

Campioni rimaneggiati

I campioni rimaneggiati verranno prelevati dal materiale recuperato con il carotaggio e sigillati in sacchetti o barattoli di plastica; la quantità necessaria per le prove di laboratorio è di circa 500 grammi per i terreni fini e di circa 5 kg per quelli grossolani.

Nella scelta si avrà cura di eliminare le parti di campione alterate dall'azione del carotiere (corteccia, parti "bruciate", tratti dilavati, ecc.).

Spezzoni di carota lapidea

In terreni cementati e rocciosi si prelevano dal carotaggio spezzoni di lunghezza = 15 cm, purchè rappresentativi del tipo litologico perforato.

Imballaggio e trasporto dei campioni

I campioni destinati al laboratorio saranno sistemati in cassette con adeguati separatori ed imbottiture alle estremità, onde assorbire le inevitabili vibrazioni del trasporto.

Le cassette andranno collocate in un locale idoneo a proteggerle dal sole e dalle intemperie, fino al momento della spedizione.

Le cassette dovranno contenere un massimo di 6 fustelle, onde facilitarne il maneggio; saranno dotate di coperchio e maniglie. Sul coperchio si indicherà la parte alta.

Il trasporto dovrà essere effettuato con tutte le precauzioni necessarie per evitare il danneggiamento dei campioni, sotto la diretta responsabilità dell'Impresa.

I campioni devono essere contraddistinti da cartellini inalterabili, che indichino:

- 1) cantiere;
- 2) numero del sondaggio;
- 3) numero del campione;
- 4) profondità di prelievo;
- 5) tipo di campionatore impiegato;

- 6) data di prelievo;
- 7) parte alta (per campioni indisturbati e spezzoni di carota).

Il numero del campione, il tipo di campionatore usato ed il metodo di prelievo devono essere riportati sulla stratigrafia alla relativa quota; questi dati devono essere riportati anche nel caso di prelievi non riusciti.

3.1.5 *Perforazione con registrazione dei parametri di perforazione*

E' un metodo che permette di registrare in forma continua i principali parametri della perforazione, eseguita di norma a distruzione di nucleo, con il fine di riconoscere le caratteristiche stratigrafiche fondamentali del terreno, preferibilmente a partire da situazioni rese note dall'esecuzione di sondaggi di taratura.

Per l'esecuzione di tale tecnica di perforazione, si dovrà utilizzare:

- Sonda a rotazione e rotopercolazione;
- centralina elettronica per la misura, la amplificazione e la registrazione su nastro magnetico dei seguenti parametri di perforazione:
 - spinta applicata all'utensile di perforazione;
 - velocità di avanzamento;
 - coppia di rotazione assorbita;
 - velocità di rotazione;
 - pressione del fluido di circolazione.

La registrazione dei parametri avverrà con frequenza di un'operazione di memorizzazione per 1 cm di avanzamento dell'utensile o per 1 minuto primo, nel caso di velocità di avanzamento inferiori a 1 cm/minuto.

La centralina visualizzerà i parametri misurati su apposito visore, quelli registrati su grafico in carta; sarà misurata, registrata e visualizzata su visore, in ogni caso, la profondità raggiunta dalla prova.

La perforazione dovrà essere eseguita, avendo cura, dopo qualche tentativo, di operare con la massima omogeneità.

In particolare, la spinta applicata all'utensile dovrà, se possibile, essere mantenuta costante per l'intera verticale di prova e dovrà essere tale da assicurare il superamento dei livelli più resistenti senza eccessiva perdita di leggibilità dei risultati negli strati meno resistenti.

E' necessario che il detrito di perforazione fuoriuscente a bocca foro sia descritto con la migliore precisione possibile.

La documentazione comprenderà quanto sotto elencato:

- informazioni generali su denominazione, ubicazione e quota assoluta di ciascuna verticale di prova;
- caratteristiche dell'attrezzatura di perforazione e delle modalità esecutive del foro;
- grafico di cantiere con i parametri misurati e registrati;
- grafico elaborato con indicazione dell'energia assorbita per unità di volume perforato (Mj/mc) in funzione delle profondità;
- note ed osservazioni dell'operatore.

La documentazione definitiva comprenderà, oltre agli elementi sopraccitati, i grafici di tutti i parametri registrati restituiti nella scala più idonea agli effetti interpretativi.

3.2 PROVE IN SITU ED INSTALLAZIONE STRUMENTAZIONE

3.2.1 Prove di penetrazione dinamica SPT

La prova penetrometrica standard o prova penetrometrica dinamica (SPT-Standard Penetration Test) è un tipo di indagine geotecnica per ricavare e studiare le caratteristiche di un terreno, tramite la determinazione della sua resistenza alla penetrazione.

La prova si eseguirà infiggendo nel terreno alla base del sondaggio un campionatore per tre tratti consecutivi, il primo di 150 mm, annotando il numero di colpi necessario per la penetrazione.

Si dovrà annotare l'eventuale affondamento del campionatore per peso proprio delle aste.

Il campionatore dovrà essere in acciaio indurito, con superfici lisce apribili longitudinalmente, avente le seguenti caratteristiche generali:

- Diametro esterno - $\varnothing_{est} = 51 \pm 1$ mm;
- Diametro interno - $\varnothing_{int} = 35 \pm 1$ mm;
- Lunghezza minima escluso tagliente principale - $L_{min} > 457$ mm;
- Lunghezza scarpa tagliente terminale con rastremazione negli ultimi 19 mm - $l = 76 \pm 1$ mm. Il campionatore sarà dotato di valvola a sfera e aperture di scarico a sfiato.

Non è prevista la dotazione di punta conica per la sostituzione del tagliente terminale.

Salvo nel caso di terreni molto compatti o ricchi di ciottoli, l’Impresa potrà utilizzare la punta conica, dandone preventiva comunicazione alla DL.

Le aste di collegamento tra il campionatore e la sonda in superficie dovranno essere corrispondenti alle tipologie elencate nella seguente tabella.

Tabella 3. Aste per prova SPT.

Diametro (mm)	Peso per metro lineare (kg)
40,5	≈ 4,23
50	≈ 7,23
60	≈ 10.03
70	≈ 10,0

Le aste dovranno essere diritte, ben avvitate in corrispondenza dei giunti e con flessione totale della batteria pronta per la prova < 0.1%.

Il dispositivo di sollevamento automatico del maglio dovrà essere del peso totale < 115 kg, e tale da garantire la caduta della massa battente senza rilevanti attriti.

La massa battente e l’altezza di caduta dovranno essere pari a:

- Peso massa battente - $P = 63,5 \pm 0,5$ kg
- Altezza caduta - $h = 760 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$

L’esecuzione della prova comporterà l’infissione del campionatore per tre tratti da 150 mm, il primo detto di avviamento, è comprensivo dell’eventuale penetrazione per peso proprio della batteria di aste, il relativo numero di colpi è individuato con N1.

Se con $N1 = 50$ colpi l’avanzamento dell’infissione è inferiore ai 150 mm, l’infissione dovrà essere sospesa.

Se invece il tratto di avviamento è superato con $N1 \leq 50$ colpi, la prova prosegue ed il campionatore viene infisso per un secondo tratto di 300 mm, contando separatamente il numero di colpi necessari all’avanzamento per la penetrazione dei primi e dei secondi 150 mm (N2 e N3), sino al limite di 100 colpi ($N2 + N3 \leq 100$ colpi).

Se con $N1 + N3 = 100$ colpi non si raggiunge l’avanzamento di 300 mm, l’infissione viene sospesa e la prova si dovrà considerare conclusa, arrestando la relativa penetrazione.

Per ciascuna prova eseguita, si dovrà riportare quanto segue:

- diametro e profondità della eventuale tubazione provvisoria di rivestimento del foro;
- profondità raggiunta con la manovra di perforazione o pulizia;
- profondità inizio prova;
- penetrazione, per peso proprio e delle aste, del campionatore;
- numero di colpi per l'infissione dei tratti preliminare e di prova (suddiviso in due parti da 150 mm);
- diametro e peso per metro lineare delle aste impiegate;
- lunghezza e descrizione geotecnica del campione estratto;
- tipo di campionatore (aperto o chiuso) impiegato.

3.2.2 Prova penetrometrica dinamica continua DPSH

Le informazioni fornite dalle prove penetrometriche dinamiche sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione. Il campo di utilizzazione è molto vasto, potendo essere eseguita praticamente in tutti i tipi di terreno e fornendo una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati.

La prova consisterà nell'infissione della punta conica nel terreno, per tratti consecutivi di 20 cm, misurando il numero di colpi (NPD) necessari.

Dopo 20 cm di penetrazione della punta verrà infisso il rivestimento rilevando ancora il numero di colpi (NRV).

La prova verrà sospesa per raggiunto rifiuto quando NPD o NRV superano il valore di 100.

Di norma le prove verranno iniziate alla quota del piano campagna.

La punta conica dovrà sporgere dal rivestimento non più di 20 cm in qualsiasi fase della prova; ciò per evitare che attriti laterali sulle aste alterino i dati di resistenza NPD misurati.

Le due batterie, aste collegate alla punta e rivestimenti, dovranno essere reciprocamente libere per tutta la durata della prova.

Nel caso di blocco delle due colonne, a seguito di infiltrazione di materiale nell'intercapedine, la prova dovrà essere sospesa; prima di estrarre la batteria l'esecutore

deve mettere in atto tutti gli accorgimenti dettati dall'esperienza atti a sbloccare due colonne; ad esempio:

- iniezione di acqua in pressione nell'intercapedine;
- bloccaggio di una delle 2 colonne ed infissione o estrazione dell'altra;
- azione combinata dei 2 interventi sopra descritti.

Fra testa di battuta alla sommità della batteria ed il piano campagna dovrà essere installato almeno 1 centratore con funzioni di guida e di irrigidimento.

Tabella 4. Aste per prova DPSH.

Aste	
Lunghezza	$l = 1 \div 2 \text{ m}$
Peso per metro lineare	$M = 3,6 \div 8 \text{ kg}$
Diametro esterno aste	$\varnothing_{est} = 28 \div 34 \text{ mm}$
Diametro esterno rivestimento	$\varnothing_{est} = 48 \text{ mm}$
Diametro interno rivestimento	$\varnothing_{est} = 30 \div 38 \text{ mm}$
Punta conica (alla base delle aste interne)	
Angolo apertura	$\varnothing = 60^\circ \text{ oppure } 90^\circ$
Diametro base	$\varnothing b = 50,5 \pm 0,5 \text{ mm}$
Dispositivo di infissione	
Massa battente	$M = 63,5 \pm 0,5 \text{ kg oppure } 73 \text{ kg}$
Altezza di caduta	$h = 750 \pm 2 \text{ mm}$

L'intercapedine tra \varnothing_{int} della scarpa ed aste sarà di $0,2 \div 0,3 \text{ mm}$; tra aste e rivestimento sopra la scarpa di 2 mm circa.

L'altezza di caduta nel corso della infissione dei rivestimenti non è vincolante.

Per ciascuna prova si dovrà riportare su apposite schede:

- la tabulazione dei dati rilevati per ciascuna prova (NPD ed NRV) per ciascuna verticale di prova;
- la descrizione dettagliata delle caratteristiche dell'attrezzatura impiegata;
- il grafico di NPD in funzione della profondità;
- il grafico di NRV in funzione della profondità;

l'altezza di caduta media del maglio durante l'infissione del rivestimento.

3.2.3 Prove penetrometriche statiche di tipo meccanico

Vengono effettuate in terreni coesivi come limi e argille ed in terreni limosi-sabbiosi.

La prova consisterà nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni e caratteristiche standard, infissa a velocità costante nel terreno tramite un dispositivo di spinta.

I dati acquisiti, oltre a restituire una dettagliata stratigrafia, possono fornire, tramite formule di correlazione, indicazioni su numerosi parametri geotecnici.

Il dispositivo di spinta dovrà essere un martinetto idraulico in grado di esercitare una spinta sulla batteria di aste una spinta di 10 - 20 t, a seconda delle esigenze, ed avente una corsa pari ad un metro.

La velocità di infissione della batteria di aste dovrà essere pari a 2 cm/s (± 0.5 cm/s), e dovrà essere costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

Il dispositivo di spinta dovrà essere ancorato e/o zavorrato in forma tale da poter usufruire per intero della propria capacità di spinta totale.

La punta conica telescopica, dovrà essere, infissa indipendentemente dalla batteria di aste esterne cave, e dovrà presentare le seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono: 37.5 mm
- angolo di apertura del cono: 60°

La resistenza per attrito laterale f_s sarà determinata con un manicotto avente superficie laterale di 150 ÷ 200 cm².

Le aste di tipo cavo dovranno avere diametro esterno di 36 mm.

Le astine interne a sezione piena, dovranno avere diametro inferiore di $0.5 \div 1$ mm rispetto a quello interno delle stesse cave.

Si dovrà verificare che all'interno delle aste cave, quando collegate fra loro, non ci siano sporgenze in corrispondenza della estremità filettata.

Le aste interne a sezione piena dovranno scorrere senza attriti all'interno delle aste cave.

La misura verrà effettuata con un manometro con fondo scala massimo da 10 MPa ed uno con fondo scala superiore, collegati in modo tale che il primo sia escluso automaticamente dal circuito oleodinamico in caso di pressioni troppo elevate.

La precisione di lettura deve essere contenuta entro i seguenti limiti massimi:

- 10% del valore misurato
- 2% del valore di fondo scala

I manometri del dispositivo di misura dovranno essere corredati da un certificato di taratura rilasciato da un laboratorio ufficiale, non anteriore a due mesi dall'inizio della prova.

La taratura deve essere ripetuta ogni 3 mesi, o ogni volta che sorgono dubbi sulla validità.

Il penetrometro dovrà essere posizionato opportunamente in modo da garantire la verticalità della applicazione del carico.

La prova si eseguirà facendo avanzare le astine interne fino ad esaurire l'intera corsa della punta e della punta + manicotto, misurando la pressione di spinta nel primo e nel secondo caso; si faranno quindi avanzare le aste cave, fino alla chiusura della batteria telescopica, misurando ed annotando la pressione totale di spinta.

Le misure di qc ed fs saranno discontinue, con annotazione ogni 20 cm di penetrazione.

La prova sarà quindi eseguita fino al raggiungimento dei limiti strumentali di resistenza o fino alla profondità massima prevista dal programma delle indagini.

La prova deve essere sospesa una volta raggiunta la profondità di circa 30 m, in quanto senza controllo degli spostamenti dalla verticale, i risultati stessi possono perdere di significatività.

La prova verrà documentata attraverso una apposita scheda sulla quale verranno riportate:

- informazioni generali;
- data di esecuzione;
- caratteristiche dell'attrezzatura;

- caratteristiche della punta;
- fotocopia delle tabelle di cantiere, con indicazione dei fattori moltiplicativi di interpretazione delle letture.
- grafici di q_c e f_s in funzione della profondità;
- quota assoluta del punto di prova;
- certificati di taratura.

3.2.4 Prove penetrometriche statiche di tipo elettrico

La prova penetrometrica statica elettrica (CPT) permette di effettuare in continuo, ogni cm di avanzamento la misura dei valori di resistenza alla punta (q_c) e dell'attrito laterale locale (f_s).

La punta conica fissa, interamente solidale con il movimento delle aste cave, le seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono: $\varnothing_{bc} = 34.8 \div 36.0$ mm
- angolo di apertura del cono: 60° .

La resistenza per attrito laterale f_s sarà determinata con un manicotto di attrito liscio avente le seguenti dimensioni:

- diametro - $\varnothing_{ma} = \varnothing_{bc} + 0.35$ mm
- superficie laterale - $A_{ma} = 147 \div 153$ cm².

Il manicotto sarà posizionato subito sopra il cono.

La punta di tipo elettrico sarà strumentata con celle di carico estensimetriche per la misura di f_s e q_s , con i seguenti fondo scala:

- 5000 kg per q_c
- 750 kg per f_s

Queste saranno collegate ad una centralina elettronica per la registrazione dei dati.

Qualora necessario, la DL si riserva di richiedere l'uso di punte con sensibilità massima diversa. La punta sarà dotata di sensore inclinometrico per la misura della deviazione dalla verticale.

Le aste di tipo cavo, dovranno avere un diametro esterno di 36 mm.

Eventuali anelli allargatori dovranno essere posizionati ad almeno 100 cm dalla base del cono.

Si dovrà verificare che lo stato della punta e del manicotto (geometria, rugosità) e delle aste cave (rettilinearità della batteria specie per quanto riguarda le 5 aste più vicine alla punta), si dovrà inoltre verificare che:

- Le guarnizioni fra i diversi elementi di una punta penetrometrica dovranno essere ispezionate con regolarità per accettarne le perfette condizioni e l'assenza di particelle di terreno;
- Le punte elettriche dovranno essere compensate rispetto alle variazioni di temperatura;
- La precisione di misura, tenendo conto di tutte le possibili fonti di errore (attriti parassiti, errori nel dispositivo di registrazione, eccentricità del carico sul cono e sul manicotto, differenze di temperatura, ecc.) dovrà essere comunque inferiore ai seguenti limiti:
 - 5 % del valore misurato;
 - 1% del valore di fondo scala.

Tale precisione dovrà essere verificata in laboratorio e verificabile in cantiere.

I dati di taratura relativi ad ogni punta dovranno essere sempre disponibili in cantiere.

La taratura finale dei dispositivi di misura e registrazione avverrà dopo che i sensori della punta si siano equilibrati con la temperatura interna del terreno.

La prova sarà quindi eseguita fino alla profondità massima prevista dal programma delle indagini o interrotta quando si verifichi uno dei seguenti casi:

- raggiungimento del fondoscala per uno dei sensori relativi a resistenza q_c , f_s ;
- raggiungimento della massima capacità di spinta del penetrometro;
- deviazione della punta della verticale di 10° , se repentina, o di 15° se progressiva.

I risultati dell'esecuzione delle prove dovranno essere riportati su apposite schede che comprenderanno:

- informazioni generali, con ubicazione;
- data di esecuzione;
- caratteristiche dell'attrezzatura;
- caratteristiche della punta;
- fotocopia dei grafici di cantiere, con indicazione delle scale;
- grafici di q_c e f_s ; in funzione della profondità corretta in base ai dati inclinometrici;

- quota assoluta del punto di prova;
- certificati di taratura delle punte impiegate non anteriori a due mesi.

3.2.5 *Prove penetrometriche statiche con piezocono*

La prova con piezocono viene eseguita con una attrezzatura per prove penetrometriche statiche nella quale la punta elettrica, analoga a quella vista per il penetrometro a punta elettrica, è strumentata con un trasduttore di pressione per la registrazione di:

- pressione idrostatica del terreno, inclusa la sovrappressione indotta dall'avanzamento della punta;
- dissipazione nel tempo della sovrappressione idrostatica indotta nel terreno, a quote predeterminate.

La punta conica fissa (piezocono) sarà dotata di filtro poroso intercambiabile, posto preferibilmente alla base del cono, per la misura della pressione interstiziale ($u + Du$)(pressione neutra più sovrappressione interstiziale indotta).

Il trasduttore di pressione dovrà essere a piccola variazione di volume, con fondo scala proporzionale alla pressione idrostatica prevedibile alla quota di fine prova prevista in programma; la misurazione della pressione dovrà avvenire in forma continua.

La sostituzione del filtro deve essere eseguita ad ogni estrazione della punta dal terreno.

Le aste impiegate, le apparecchiature, ecc., sono analoghe a quelle indicate per i penetrometri elettrici.

Filtro poroso e cono dovranno essere perfettamente disaerati con l'uso di una delle sottoelencate metodologie:

- cella di disaerazione sottovuoto con acqua distillata; disaerazione per bollitura, con immersione di filtro e cono per un periodo di tempo di sufficiente lunghezza, in funzione del tipo di filtro;
- contenitore sottovuoto con glicerina calda, con vibratore ad ultrasuoni per la disaerazione del filtro; il cono verrà disaerato tramite iniezione con siringa di glicerina.

Altre attrezzature, tipi di fluido e tecniche potranno essere proposti dall'Impresa dandone preventiva comunicazione alla DL.

Oltre ai sistematici controlli circa lo stato della punta e del manicotto (geometria, rugosità) e delle aste cave (rettilineità della batteria specie per quanto riguarda le 5 aste più vicine alla punta), si dovrà verificare che:

- le guarnizioni fra i diversi elementi di un piezocono dovranno essere ispezionate con regolarità per accettarne le perfette condizioni e l'assenza di particelle di terreno.
- il piezocono dovrà essere compensato rispetto alle variazioni di temperatura.
- la precisione di misura, tenendo conto di tutte le possibili fonti di errore (attriti parassiti, errori nel dispositivo di registrazione, eccentricità del carico sul cono e sul manicotto, differenze di temperatura, ecc.) dovrà essere comunque inferiore ai seguenti limiti:
 - 5% del valore misurato;
 - 1% del valore di fondo scala.

Tale precisione dovrà essere verificata in laboratorio e verificabile in cantiere.

Nel primo caso i dati di taratura relativi ad ogni piezocono dovranno essere sempre disponibili in cantiere.

Terminata la disaerazione del filtro e del cono, questi saranno inseriti in un guanto di gomma pieno di acqua disaerata, operando rigorosamente in immersione; il guanto di gomma non sarà rimosso all'inizio della prova, in quanto sarà l'attrito con il terreno a provvedere alla sua rottura ed asportazione.

Alle quote indicate dal programma si eseguiranno le prove di dissipazione operando come di seguito:

- arresto della penetrazione della punta;
- scatto contemporaneo dei contasecondi e inizio della registrazione della variazione di pressione interstiziale;
- lettura al visore digitale dell'andamento della pressione interstiziale ai tempi 0.1 - 0.25 - 0.5 - 1 - 2 - 4 - 8 - 15 - 30 minuti primi; la lettura sarà registrata manualmente sul grafico.

La prova sarà considerata conclusa al 60% della dissipazione della sovrappressione indotta dalla punta.

I risultati dell'esecuzione della prova dovranno essere riportati su apposite schede che comprenderanno:

- informazioni generali, con ubicazione;

- data di esecuzione;
- caratteristiche dell'attrezzatura;
- caratteristiche del piezocono;
- fotocopia dei grafici di cantiere con indicazione delle scale;
- grafici di qc, fs, u+Du in funzione della profondità corretta in base ai dati inclinometrici ed alle eventuali derive; i grafici relativi alle prove di dissipazione avranno i tempi in ascissa, in scala logaritmica;
- certificati di taratura dei piezoconi impiegati.

3.2.6 *Prova penetrometrica con cono sismico*

La prova consiste nella misurazione dei tempi di arrivo di impulsi sismici di taglio (SH) generati in superficie ad un ricevitore posto all'interno di un'asta penetrometrica opportunamente attrezzata con una punta sismica.

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita almeno dai seguenti componenti:

- Sistema di energizzazione (per onde di taglio SH) costituito da una massa battente manovrata a mano, pneumaticamente o oleopneumaticamente agente a percussione sul piano orizzontale in modo coniugato (180°) su un'incudine di legno o di altro materiale, ben saldo al terreno solo per attrito radente e posto nelle adiacenze della testa foro;
- Punta penetrometrica sismica costituita da un corpo metallico e da due ricevitori sismici (geofoni e/o accelerometri) paralleli fra loro a distanza di 1 metro l'uno dall'altro incapsulati ed opportunamente isolati nella punta sismica.
- Sismografo registratore con un numero di canali uguale o superiore al numero di ricevitori utilizzati in grado di realizzare campionature di segnali tra 0.025 e 2 millisecondi e dotato di filtri high pass, band pass e band reject, di "Automatic Gain Control" e di convertitori A/D del segnale campionato ad almeno 16 bit;

Le modalità di esecuzione della prova dovranno essere le seguenti:

- posizionamento e bloccaggio degli energizzatori delle onde di taglio in prossimità della prova penetrometrica da realizzare (2 – 5 m).
- Infilaggio della punta sismica nel terreno fino alla posizione in cui si avrà il primo ricevitore a -1 m dal p.c. e il secondo al p.c.; la direzione dei ricevitori dovrà essere parallela alla direzione di polarizzazione dell'energizzatore.

- Impostare i parametri di registrazione del sismografo in modo tale che l'intervallo di campionamento dello stesso sia posizionato sul valore massimo (ad esempio 0.0025 millisecc) e il tempo di registrazione sia di almeno 300 millisecondi.
- generazione di un impulso di taglio in una direzione (es normale) e registrazione dei tempi di arrivo dell' onda di taglio
- generazione di un impulso di taglio nella direzione coniugata (180° sul piano orizzontale) e registrazione dei tempi di arrivo dell'onda di taglio.
- infilaggio della punta penetrometrica 1 metro più in profondità senza far ruotare le aste. In tal modo l'intervallo di ricezione sarà fra -2 e -1 m dal p.c. e si ripetono le energizzazioni fino al rifiuto e / o fino alla profondità richiesta.

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- sismogrammi in originale delle registrazioni di campagna su supporto magnetico;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicati:
- gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi;
- diagrafie riportanti:
 - tempi di arrivo delle onde di taglio;
 - velocità intervallari delle onde di taglio;
 - tracce sismografiche onde di taglio.

3.2.7 Prove scissometriche VT in foro di sondaggio

La prova scissometrica si esegue per determinare la resistenza al taglio non drenata dei terreni coesivi saturi, da teneri a mediamente consistenti, con resistenza al taglio non drenata ≤ 100 kPa.

Si esegue inserendo nel terreno naturale una paletta-scissometro con sezione a croce greca, misurando lo sforzo torsionale che occorre applicare per portare a rottura il terreno stesso.

Possiamo distinguere due tipi di apparecchiature:

- apparecchio da calare sul fondo di un foro di sondaggio;

- apparecchio autoperforante (“vane borer”): l'apparecchio contenuto in una protezione metallica collegata mediante tubi alla superficie, che viene infissa nel terreno, attraverso un dispositivo di spinta, sino alla quota desiderata.

L'apparecchiatura è costituita da quattro rettangoli di lamiera d'acciaio sottile, uniti lungo uno dei lati maggiori, con sezione trasversale a croce greca.

Le palette hanno diametro (inteso come diametro del cilindro ottenuto dalla rotazione della paletta) variabile da 45 a 100 mm. L'altezza è pari a 2 volte il diametro.

La scelta del diametro di paletta da impiegare viene fatta in funzione della forza di torsione massima che dovrà essere applicata in base alla prevedibile resistenza del terreno da provare.

Per non disturbare il terreno in cui penetra, la paletta avrà sezione del ferro minore di 1/10 di quella del cilindro ottenuto dalla sua rotazione.

La paletta è collegata alla superficie mediante una batteria di aste d'acciaio.

Le aste debbono presentare elevate caratteristiche di rigidità e torsione e flessione affinché gli sforzi applicati all'estremità superiore vengano trasmessi integralmente a quella inferiore, cioè alla paletta.

La batteria di tubi metallici di rivestimento deve assolvere le seguenti funzioni:

- irrigidimento della batteria di aste; appositi anelli distanziatori saranno interposti fra le aste di rivestimento, ogni 3 m circa;
- reazione allo sforzo di torsione applicato in superficie;
- trasmissione della spinta verticale necessaria per infiggere tutto il dispositivo alla profondità voluta.

Lo strumento di torsione viene applicato all'estremità superiore della batteria di aste che collegano la paletta-scissometro ed è collegato all'estremità della batteria di rivestimento (per la necessaria reazione); per mezzo di questo strumento si applicano e si misurano mediante un dinamometro gli sforzi di torsione necessari per portare il terreno in corrispondenza della paletta alla rottura.

Lo strumento di torsione deve possedere i seguenti requisiti:

- impermeabilità all'acqua;
- sensibilità < di 1% dello sforzo massimo applicabile;
- indifferenza alle variazioni della temperatura ambiente.

Modalità esecutive di prove effettuate all'interno di fori di sondaggio

Prima di calare la batteria di aste con scissometro, si misurerà la quota di fondo foro con scandaglio a filo; se necessario, il fondo foro sarà ripulito con apposita manovra di perforazione con carotiere semplice (senza circolazione di fluido) o con attrezzo di lavaggio a fori radiali, lo strumento può essere calato nel foro di sondaggio subito dopo l’eventuale estrazione del campione indisturbato.

Si calerà quindi la batteria di prova, infiggendo la paletta-scissometro nel terreno senza applicare tensioni torsionali, sino a 0,5 m di profondità al di sotto del fondo foro.

Si applicherà e si misurerà il momento torcente necessario per portare a rottura il terreno (resistenza al taglio di picco); dopo la rottura, si ruoterà per 10 giri completi la paletta-scissometro, si attenderà 5 minuti e poi si ripeterà la prova con le medesime modalità già definite per il valore di picco, misurando il momento torcente applicato (resistenza al taglio residua). In tutti i casi la velocità di prova dovrà essere pari a 0,1 gradi/sec;

Si estrarrà la batteria di prova per riprendere la perforazione.

Modalità esecutive di prove effettuate con attrezzatura autopercorante (“vane borer”)

Le prove con attrezzatura autopercorante ridurranno il numero delle estrazioni della paletta-scissometro a 1 per 4 ÷ 5 m di avanzamento; dopo un massimo di 5 m consecutivi essa dovrà venire estratta, verificando quanto di seguito:

- assenza di distorsioni nel tratto inferiore della batteria di prova;
- assenza di attriti tra astine e tubi di protezione;
- ingrassatura dei cuscinetti reggispinta e dell'alloggio protettivo della paletta-scissometro.

Si richiede che una sonda di perforazione sia sempre disponibile, in appoggio alla batteria autopercorante, per manovre di perforazione ausiliari.

Si dovrà riportare su apposita scheda :

- informazioni generali sulla denominazione, quota e ubicazione della verticale di prova;
- tipo di attrezzatura impiegata e sue caratteristiche;
- certificato di taratura del dispositivo di torsione non anteriore di 3 mesi la data di esecuzione delle prove;
- profondità relativa di ciascun intervallo di prova;
- schema geometrico del foro, completo di dimensioni, quote di rivestimento, metodi di pulizia, descrizione di eventuali tratti carotati;

- dimensioni della paletta-scissometro, per ciascuna prova;
- letture allo strumento di torsione e/o grafici sforzo/deformazione (nel caso di registrazione con centralina elettronica);
- note ed osservazioni degli operatori.

3.2.8 *Prova pressiometrica*

Si esegue per misurare la deformazione del terreno sollecitato mediante espansione radiale di una sonda cilindrica posta a contatto con le pareti del foro stesso.

Perché i risultati della prova siano attendibili, è indispensabile che il disturbo del terreno circostante il foro di sondaggio sia ridotto al minimo e sia comunque trascurabile.

Attrezzatura

Sonda cilindrica ad espansione idraulica, costituita da una cella centrale di misura espandibile radialmente e da due celle di confinamento poste alle estremità della cella di misura; le celle di confinamento devono impedire, durante la prova, deformazioni della cella di misura che non siano quelle radiali. La sonda potrà avere diametro compreso tra 44 mm e 74 mm, con una lunghezza complessiva come somma delle celle di guardia e di misura pari ad almeno 6 volte il diametro.

Le pareti della cella di misura consisteranno di una membrana interna di gomma e di un involucro deformabile esterno in grado di adattarsi alla forma progressivamente assunta dalle pareti del foro nel corso della prova. La membrana potrà essere protetta da un involucro esterno a lamelle metalliche parzialmente sovrapposte, qualora reso necessario della natura del terreno.

L'apparato di espansione delle celle deve permettere di variare il volume e la pressione all'interno delle stesse in forma del tutto regolabile e controllabile mediante la centralina di misura. La cella di misura sarà espansa mediante pressione idraulica (tipo Menard GB); le celle di confinamento mediante pressione idraulica o di gas (tipo Menard GC).

I tubi di connessione delle celle con gli apparati di espansione e misura saranno di tipo plastico rigido, preferibilmente coassiali, con gas a pressione regolabile nell'intercapedine in modo da prevenire e contenere le variazioni di volume in corso di prova.

La *centralina di misura* deve includere un meccanismo per l'applicazione di incrementi controllati di pressione o volume alla cella di misura ed un regolatore della pressione del gas

nelle celle di guardia. Le pressioni dei fluidi saranno tutte leggibili a mezzo di manometri adeguatamente tarati. La sensibilità dei manometri deve essere tale da consentire la precisione di lettura specificata nelle modalità di prova.

Sarà presente un dispositivo per l'amplificazione di almeno 50 volte la sensibilità di lettura delle variazioni di volume, da impiegarsi quando tali variazioni diventino inferiori a 0.5 cm^3 per incrementi di pressione di 1 bar.

La perforazione del foro nel quale eseguire la prova dovrà essere eseguita con tutti i possibili accorgimenti necessari per evitare disturbi delle pareti e del terreno circostante, precauzioni che divengono tanto più necessarie quanto più i terreni non sono lapidei o anche semplicemente litoidi.

La perforazione del foro dovrà, nel caso di terreni sciolti, precedere direttamente la prova, che dovrà essere eseguita appena terminata la manovra di perforazione; nel caso di terreni da litoidi a litici, l'intervallo di tempo tra perforazione ed esecuzione della prova dovrà essere comunque il più ridotto possibile e preferibilmente contenuto in non più di poche ore.

Saranno ammesse varie tecniche di perforazione, in relazione al tipo di terreno, con preferenza per il carotaggio integrale con carotieri semplici e doppi, preferibilmente corone diamantate o comunque molto affilate, con pressione applicata all'utensile in fase di avanzamento inferiore a 200 kPa, numero di giri inferiore a 60 r.p.m., pressione di fluido contenuta e tendenzialmente inferiore a 15 l/min. La tecnica di perforazione dovrà essere comunicata alla DL.

Il diametro di perforazione sarà definito sulla base del diametro della sonda da utilizzare per la prova, e nel rispetto della seguente espressione:

$$1.03 D < D_h < 1.2 D$$

dove: D = diametro sonda pressiometrica

 D_h = diametro foro

Prima di iniziare la prova, si procederà alla taratura del sistema determinando quanto segue:

- perdite di pressione: legate all'inerzia della cella di misura, che deve essere misurata espandendo la stessa alla pressione atmosferica mediante incrementi di pressione da 10 kPa ciascuno, da mantenersi per 60 sec, con letture di volume al termine di tale tempo. Se richiesto dalle successive modalità di prova, la taratura si eseguirà con incrementi di volume della sonda pari al 5% del volume V, da applicarsi in 10 sec e mantenuti per 60 sec prima della lettura di pressione. Queste misure dovranno essere eseguite prima di ogni prova o a giudizio della DL; sempre e necessariamente ad ogni cambio della membrana della cella di misura.

- perdite di volume: dovute all'espansione dei tubi di collegamento. Saranno predeterminate pressurizzando progressivamente l'apparato di prova in superficie dopo aver chiuso la sonda in un contenitore metallico che ne impedisca ogni espansione, registrando pressioni e volumi.

Il livello piezometrico nel foro deve essere misurato immediatamente prima della prova in foro e registrato.

Esecuzione della prova

Prima di posizionare la sonda pressiometrica nel foro, si procederà all'accurata lettura del volume V (volume della cella di misura alla pressione atmosferica).

Tutti i circuiti saranno disaerati e i manometri azzerati con sonda a piano campagna.

Il circuito per il controllo dei volumi sarà quindi chiuso e la sonda calata nel foro in queste condizioni.

La profondità di prova viene assunta essere quella corrispondente al punto medio della cella di misura.

Preparato il foro, che deve essere perfettamente pulito, la sonda pressiometrica sarà posizionata alla quota indicata dal programma. In accordo alle indicazioni del programma, la prova pressiometrica potrà essere eseguita in conformità ai due metodi descritti di seguito.

Si noti che la pressione che deve essere mantenuta nelle celle di confinamento laterale durante la prova deve essere sempre inferiore a quella agente all'interno della cella di misura e sarà definita in base alla espressione $P_g = P_r + P_w - P_d$, dove:

P_g = pressione celle di guardia

P_r = pressione letta al manometro

P_w = pressione idrostatica agente tra unità di misura e sonda pressiometrica a quota prova

P_d = differenza di pressione tra cella di misura e celle di guardia.

La prova può essere condotta attraverso le due seguenti procedure:

Metodo degli uguali incrementi di pressione

La sonda verrà posizionata e la pressione incrementata con uguali intervalli di crescita, fino a che l'espansione della cella nel corso di un incremento di carico diventa maggiore di circa 1/4 dell'originale volume della cella di misura.

I valori di ciascun incremento dovranno essere in accordo al programma o definiti nel corso della prova stessa, e comunicarli alla DL; in ogni caso si raccomanda l'impiego di 7 - 10 incrementi.

Metodo degli uguali incrementi di volume

La sonda verrà posta in posizione ed il volume della cella di misura aumentato con incrementi uguali, di valore pari a 0.05 - 0.1 volte il volume iniziale V, fino ai limiti naturali dell'apparato di prova.

In entrambe le procedure di prova, le letture relative alle variazioni di volume della sonda (quindi del terreno) dovranno essere effettuate dopo 30 sec e dopo 60 sec dall'applicazione dell'incremento di pressione o volume; le misure dovranno essere registrate con una precisione pari a 0.2% il volume della cella di misura in condizioni di pressione atmosferica e pari al 5% del valore della pressione limite. Il programma potrà comprendere anche cicli intermedi di scarico - ricarica.

Raggiunti i massimi valori di pressione o di volume, la sonda sarà depressurizzata e riportata in superficie.

Su apposita scheda verrà riportato:

- data
- informazioni generali per la completa ubicazione del sondaggio e della prova; nominativi degli esecutori
- dettagliata descrizione delle caratteristiche e dimensioni della attrezzatura, della sonda di prova e della membrana in particolare
- curve di calibrazione con diagramma pressione/volume a seguito della taratura
- livello piezometrico nel foro
- profondità del punto di prova
- tipo di prova a 30 e 60 sec dall'applicazione dell'incremento di pressione o letture di pressione a 30 e 60 sec dall'incremento di volume
- note su qualsiasi variazione rispetto alle modalità di prova
- diagramma volume (cm³/pressione (kPa))
- modulo pressiometrico in accordo alla espressione:

$$E_p = 2 (1 + P_{rt}) (V_o + V_m) DP/D$$

dove:

E_p = modulo pressiometrico

P_{rt} = rapporto di Poisson

V_o = volume della cella di prova alla pressione atmosferica

V_m = volume corretto nella parte centrale dell'incremento $V = V_r - V_c$, per V_r = volume da lettura a manometro e V_c = correzione volumetrica alla pressione corrispondente in base alla curva di calibrazione

- pressione limite
- descrizione di modalità e diametro di perforazione
- descrizione stratigrafica del terreno nell'intervallo di prova
- descrizione del tempo atmosferico e della temperatura

3.2.9 Prove di permeabilità in sondaggio tipo Lefranc

Prova di permeabilità da eseguirsi in fase di avanzamento della perforazione in terreni non rocciosi sotto falda o fuori falda, in quest'ultimo caso dopo avere saturato con acqua il terreno.

La prova è destinata a misurare la conducibilità idrica orizzontale del terreno.

Si esegue misurando gli assorbimenti di acqua nel terreno, facendo filtrare l'acqua attraverso un tratto di foro predeterminato. Nel caso di terreni a conducibilità non elevata si esegue a carico idraulico variabile; a carico idraulico costante nel caso di elevata conducibilità.

Le modalità esecutive di ciascuna prova saranno le seguenti:

- perforazioni con carotiere fino alla quota di prova;
- rivestimento del foro fino alla quota raggiunta dalla perforazione, senza uso di fluido di circolazione almeno negli ultimi 100 cm di infissione;
- inserimento nella colonna di rivestimento di ghiaia molto lavata fino a creare uno spessore di 60 cm dal fondo foro;
- sollevamento della batteria di rivestimento di 50 cm, con solo tiro della sonda o comunque senza fluido di circolazione;
- misura ripetuta più volte del livello d'acqua nel foro;
- nel caso di terreno fuori falda, immissione continua di acqua pulita nel foro per almeno 30 minuti primi;
- esecuzione della prova.

Carico idraulico variabile

- Riempimento con acqua fino alla estremità del rivestimento.

- Misura del livello dell'acqua all'interno del tubo (senza ulteriori immissioni) a distanza di 14", 30", 1', 2', 4', 8', 15' dall'inizio dell'abbassamento, fino all'esaurimento del medesimo o al raggiungimento del livello di falda.

Carico idraulico costante

- Immissione di acqua pulita nella batteria di rivestimento fino alla determinazione di un carico idraulico costante, cui corrisponde una portata assorbita dal terreno costante nel tempo e misurata.
- Il controllo della portata immessa a regime idraulico costante sarà determinata con contalitri di sensibilità pari a 0,1 litri. La taratura del contalitri deve essere verificata in sito riempiendo un recipiente di volume noto e di capacità superiore a 100 litri.
- Le condizioni di immissione a regime costante devono essere mantenute, senza variazione alcuna, per 10-20 min.
- A partire dal momento della interruzione della prova, si misureranno gli abbassamenti progressivi del livello dell'acqua all'interno del rivestimento a distanza di 15", 30", 1', 2', 4', 8', 15', proseguendo fino all'esaurimento dell'abbassamento o al raggiungimento del livello della falda.

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

- informazioni generali;
- schema geometrico della prova;
- livello di falda;
- tempo di saturazione (se eseguita);
- portata a regime;
- letture degli abbassamenti in relazione ai tempi progressivi.

3.2.10 Prova di permeabilità in sondaggio tipo Lugeon

La prova misura l'attitudine di un ammasso roccioso ad essere interessato da circolazione idrica; si eseguirà iniettando dell'acqua in pressione entro un tratto isolato di foro di sondaggio, perforato in terreni lapidei o litoidi, misurando i volumi assorbiti a diverse pressioni.

Il contalitri dovrà essere tarato in sito, prima di iniziare le prove, riempiendo un contenitore di volume noto e superiore a 100 l.

Le perdite di carico nei tubi di adduzione, in assenza di un circuito indipendente di misura delle pressioni, saranno valutate in sito con il metodo di un tubo campione posto orizzontalmente in superficie e collegato alla pompa con l'interposizione del manometro.

Si calcolerà la perdita di carico corrispondente alla portata Q come $P_c = P/l$ dove:

P_c = perdita di carico per metro lineare (atm/m)

P = pressione al manometro (atm)

l = lunghezza del tubo (m)

La prova sarà ripetuta per almeno 3 diversi valori della portata Q.

Prova di avanzamento

Se non diversamente richiesto dalla DL, le prove si eseguiranno in avanzamento con otturatore singolo.

L'otturatore sarà calato nel foro dopo avere misurato il livello del fluido nel sondaggio con sondina piezometrica. Il foro sarà privo di rivestimento; il fluido di perforazione sarà costituito da sola acqua priva di additivi.

L'otturatore sarà espanso ad isolare il tratto finale del foro per una lunghezza $L \geq 5 D$, dove:

L = lunghezza del tratto di foro isolato

D = diametro del foro

Non si supereranno lunghezze L di 5 m, da assumersi come limite massimo.

Si procederà ad iniettare acqua nel tratto di prova, eseguendo 3 (o più) diversi gradini di pressione in salita e ripetendo gli stessi nei primi 2 m in discesa, misurando per ciascun gradino le portate assorbite a stabilizzazione dell'assorbimento raggiunta.

Ciascun gradino di portata (a regime) sarà mantenuto per 10 ÷ 20 minuti primi, in salita e discesa.

La scelta del valore dei gradini di pressione dipenderà dal tipo di ammasso roccioso e dagli specifici obiettivi progettuali delle prove.

Non si supereranno comunque valori massimi di 1 MPa, e solo nei casi di elevata resistenza meccanica della matrice rocciosa.

In condizioni diverse, è preferibile non superare pressioni di 0,3 MPa in rocce poco resistenti e di 0,5 MPa in rocce mediamente resistenti.

In condizioni di prova a scarsa profondità in rocce poco resistenti, solo litoidi o semilitoidi, si ammettono limiti massimi di pressione non superiori a 0,3 MPa.

La tabella seguente propone alcuni esempi di riferimento.

Tabella 5. Programma per prove Lugeon.

Condizioni di prova	Gradini di pressione Mpa
Rocce semilitoidi, litoidi o litiche a scarsa resistenza, a profondità inferiori a 5 m p.c.	0,05 - 0,15 - 0,25 - 0,15 - 0,05
Rocce con scarsa resistenza	0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,2 - 0,1
Rocce con media resistenza	0,1 - 0,3 - 0,5 - 0,3 - 0,1
Rocce con altra resistenza	0,2 - 0,4 - 0,8 - 0,4 - 0,2

Durante la prova si provvederà a mantenere pieno di acqua il foro di sondaggio, per osservare la perfetta tenuta idraulica dell'otturatore, resa evidente dalla assenza di variazioni di livello.

Nel caso di perdite la prova sarà interrotta e ripresa dopo i necessari interventi correttivi.

Qualora lo stato della roccia fosse tale da non assicurare la tenuta dell'otturatore, le prove saranno eseguite in avanzamento previa cementazione e riperforazione del tratto di foro al disopra della prova, in modo da creare una superficie adatta ad impedire perdite idriche.

Prova di risalita

Se richiesto dalla DL, le prove potranno essere eseguite con otturatore doppio in risalita, con modalità identiche a quanto descritto al precedente paragrafo.

Particolare cura dovrà essere posta nel garantire la tenuta del pistoncino ad espansione inferiore, il cui comportamento non può essere osservato durante la prova

Per ciascuna prova si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- schema della geometria del foro e delle modalità di prova;
- livello statico della falda;
- tabulato delle letture di cantiere (tempi, portate, pressioni al manometro);

- grafico pressione effettiva in camera di prova;
- assorbimento per ciascun gradino espresso in Unità Lugeon UL (dove 1 UL = portata di 1 litro/min/m a 1 MPa).

3.2.11 *Piezometro di Casagrande*

I piezometri Casagrande vengono comunemente utilizzati per misurare il livello di falda o la pressione neutra in terreni a media e alta permeabilità.

Il piezometro è costituito da un cilindro in pietra porosa, avente le seguenti dimensioni:

- Lunghezza - $L = 20 \div 30$ cm
- Diametro esterno- $\varnothing_{est} = 5$ cm

L'estremità della cella cilindrica viene connessa a 2 batterie di tubi in PVC o metallici, del diametro di $1 \div 2$ cm, i quali giungono in superficie.

Le modalità di installazione sono le seguenti:

- Se richiesto, riempimento del foro con malta di cemento-bentonite-acqua (50-10-100 parti in peso), fino alla quota 1.5 m al di sotto di quella prevista per l'installazione del piezometro, con ritiro progressivo del rivestimento.
- Posa di un tappo impermeabile costituito da palline di bentonite (\varnothing 1-2 cm) precedentemente confezionate, costipate con pestello, per lo spessore di 1 m, con ritiro ulteriore del rivestimento.
- Abbondante lavaggio del foro con acqua pulita.
- Posa di uno strato (spessore 0.5 m) di materiale granulare pulito (\varnothing 1-4 mm).
- Discesa a quota del piezometro (mantenuto fino a quel momento in acqua pulita) collegando i tubi di andata e ritorno, assicurandosi della perfetta tenuta dei giunti.
- Posa di sabbia pulita attorno e sopra il piezometro (0.5 m) con ritiro della colonna di rivestimento senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti e che in colonna ci sia sempre della sabbia.
- Posa di un secondo tappo impermeabile di palline bentonitiche, costipate con pestello ad aste, con progressivo ritiro del rivestimento.
- Cementazione del tratto di foro rimanente, come nel caso del primo riempimento, fino alla sommità (se non prevista l'installazione della seconda cella piezometrica).

- Le estremità dei tubi saranno inseriti in un pozzetto metallico con chiusura a lucchetto e chiave. Il pozzetto dovrà essere cementato nel terreno. Le chiavi dovranno essere identificate da un cartellino completo delle indicazioni del caso.

Terminata l'installazione del piezometro, l'Impresa dovrà misurare e annotare il livello della falda, ripetendo la stessa operazione ogni giorno per tutta la rimanente durata della campagna d'indagine.

Per ciascuna cella (o coppia) installata, si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- schema geometrico di installazione;
- quota assoluta dei termini piezometrici;
- tabelle con letture piezometriche.

3.2.12 *Piezometro a tubo aperto*

I piezometri a tubo aperto sono impiegati per misurare il livello di falda.

Il piezometro è costituito da una batteria di tubi del diametro interno \varnothing_{int} di 40 ÷ 100 mm, in metallo o PVC, giuntati in forma solidale fino all'ottenimento della lunghezza richiesta e parzialmente finestrati.

Il piezometro fessurato della lunghezza di 4 ÷ 6 m e sarà posizionato alla distanza di 1 m dall'estremità inferiore del tubo piezometrico; la finestratura avrà apertura di 0,4 ÷ 1,0 mm.

Nel caso di installazione di tubi per scopi diversi, la distribuzione dei tratti finestrati e ciechi dovrà essere chiaramente indicata nei programmi lavori.

Le modalità di installazione saranno le seguenti:

- prima di estrarre il rivestimento provvisorio si laverà l'interno del foro con abbondante acqua pulita;
- si introdurrà il tubo piezometrico immorsandolo nel terreno di base, gettando poi nell'intercapedine tubo-rivestimento materiale granulare pulito (* 2 ÷ 4 mm) fino a risalire di 1 m dalla estremità superiore del tratto finestrato, estraendo progressivamente il rivestimento senza l'ausilio della rotazione;

- si colmerà il tratto superiore dell'intercapedine con materiale limo-argilloso o sabbioso;
- l'estremità dei tubi sarà protetta con tappo avvitato;
- il terminale piezometrico sarà inserito in un pozzetto metallico con chiusura a lucchetto e chiave. Il pozzetto dovrà essere cementato nel terreno.

Terminata l'installazione del piezometro, l'Impresa dovrà misurare ed annotare il livello della falda, ripetendo la stessa operazione ogni giorno per tutta la rimanente durata della campagna d'indagine.

Per ciascun piezometro installato, si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- caratteristiche dei tubi installati;
- schema geometrico di installazione;
- quota assoluta del terminale piezometrico;
- tabelle con letture piezometriche.

3.2.13 *Piezometro di tipo elettrico ed elettropneumatico*

Tali piezometri sono impiegati per misurare il livello di falda e la pressione interstiziale.

Le caratteristiche tecniche di riferimento delle celle piezometriche da impiegarsi sono le sottoelencate:

- campo di misura 0 ÷ 10 bar
- risoluzione 0.1% fondo scala
- precisione 0.3% fondo scala
- pressione massima ammissibile 20 bar

L'Impresa dovrà informare la DL riguardo al modello che intende utilizzare, specificandone le caratteristiche tecniche.

La centralina elettronica di misura, elaborazione, memorizzazione e restituzione dati fornirà in via continuativa dati espressi in forma numerica e, preferibilmente, anche grafica analogica.

Le modalità di installazione saranno conformi a quanto indicato dal costruttore per il modello prescelto e comunicata alla DL.

L'Impresa provvederà per intero all'installazione e messa in funzione (azionabile a richiesta) del sistema delle piezometriche-unità di misura e registrazione, quest'ultima debitamente alloggiata o protetta dagli agenti atmosferici, eseguendo frequenti letture per l'intera durata della campagna d'indagine.

Per ciascuna cella installata, si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- tipo e caratteristiche della cella piezometrica e dell'unità di misurazione;
- schema geometrico dell'installazione;
- quota assoluta dei terminali piezometrici;
- tabulazione dei dati piezometrici raccolti per la durata del cantiere.

3.2.14 *Piezometro D = 3"*

Tali piezometri sono impiegati, oltre che per misurare il livello di falda, per consentire il prelievo di campioni d'acqua da sottoporre a determinazioni analitiche di laboratorio.

Le modalità generali di posa in opera saranno identiche a quelle adottata per piezometri a tubo apertodi diametro inferiore.

Se il piezometro è destinato al prelievo di campioni di fluido per analisi chimico-fisiche, si installeranno tubi del diametro interno $\varnothing_{int} = 100$ mm, costituiti da acciaio inossidabile o PVC con rivestimento in granulare siliceo; l'uso di tubi in PVC, non rivestito deve in questo caso essere concordato con la Direzione Lavori e chiaramente segnalato nella documentazione della avvenuta installazione.

Le operazioni di prelievo dei campioni d'acqua dovranno essere precedute da quelle di spurgo. Questo potrà essere realizzato tramite pompaggio, con estrazione di un volume superiore di almeno tre volte al volume nominale, comunque fino all'estrazione di acqua chiara, o ad aria compressa.

Per ciascun piezometro installato, si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;

- caratteristiche dei tubi installati;
- tabelle con letture piezometriche.

3.2.15 *Installazione di tubi inclinometrici*

Le misure inclinometriche in foro vengono effettuate allo scopo di monitorare nel tempo entità, velocità e direzione del movimento di terreni in frana.

I tubi inclinometrici convenzionali sono caratterizzati da una sezione circolare, provvista di quattro scanalature con funzioni di guida per la sonda inclinometrica, con diametro esterno di 80 ÷ 90 mm.

Per applicazioni particolari si possono utilizzare tubi di diametro minore.

Per l'accettazione della fornitura si richiede che:

- la spiratura dei tubi sia inferiore a 0,5°/metro lineare;
- la perpendicolarità delle sezioni terminali dei tubi sia garantita con la tolleranza di 1°.

I tubi, realizzati in spezzoni di $\approx 3,0$ m, sono assemblati mediante manicotti di giunzione che devono presentare le seguenti dimensioni:

\varnothing int. guide manicotto $\approx \varnothing$ est. guide tubo + 1,0 mm;

Il gioco massimo di accoppiamento tra i tubi, dovuto ai soli manicotti, non dovrà comunque essere superiore a 1°/giunto.

I tubi inclinometrici possono essere realizzati nei seguenti materiali:

- alluminio (UNI 3569/66);
- PVC.

Per ambienti con $\text{pH} > 10$ e in presenza di correnti vaganti è preferibile il tubo in materiale plastico (Dunnicliff 1988).

L'utilizzo di tubi in alluminio in ambiente aggressivo dovrà essere subordinato alla realizzazione di opportune protezioni (anodizzazione o verniciatura con resine epossidiche); la cementazione dei tubi in alluminio dovrà comunque sempre essere effettuata mediante l'utilizzo di cemento pozzolanico.

La perforazione in cui verrà installato il tubo inclinometrico dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- diametro sufficiente all'inserimento del tubo inclinometrico e di almeno un tubo esterno di drenaggio. Il tubo inclinometrico nella parte con massima sezione (manicotto con nastro di protezione) ha un diametro di circa 96 mm al quale va aggiunto il diametro del tubetto di iniezione. Per il tubo di drenaggio si deve considerare un diametro esterno non inferiore a 25 mm;
- deviazione globale dalla verticale $\leq 1.5\%$.

I rivestimenti della perforazione dovranno poter essere estratti con sola trazione (senza rotazione).

In cantiere, prima dell'installazione, dovrà essere controllato quanto segue:

- i tubi e manicotti non devono avere lesioni o schiacciature dovuti al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- le estremità dei tubi e dei manicotti non dovranno avere sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi e lo scorrimento della sonda di misura;
- l'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna inclinometrica;
- la composizione della miscela di cementazione che sarà costituita da acqua, cemento pozzolanico e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;
- il diametro delle punte del trapano, il diametro e la lunghezza dei rivetti il tipo e la scadenza del collante, l'efficienza della morsa di sostegno.

La posa in opera dei tubi inclinometrici dovrà avvenire in accordo con le seguenti modalità:

- Lavare accuratamente la perforazione con acqua pulita.
- Preassemblare i tubi in spezzoni di 6.0 m, terminanti ad un estremo con un manicotto.

La realizzazione dei giunti dovrà avvenire nel modo seguente:

- inserire il manicotto sul tubo per metà della sua lunghezza;
- praticare i fori per i rivetti (> 4 per ogni tubo) lungo generatrici equidistanti dalle guide e a circa 50 mm dall'estremità del manicotto;
- mantenendo in posizione il manicotto mediante spine, introdurre l'altro tubo e forare;
- rimuovere il manicotto;
- applicare un sottile strato di mastice sul tubo e all'interno del manicotto, attendere almeno 5 minuti;
- infilare il primo tubo sul manicotto e chiodare con rivetti;
- sigillare l'intercapedine tubo-manicotto con silicone;

- fasciare abbondantemente con nastro autovulcanizzante, evitando bruschi movimenti che possano causare torsioni;
- montare sul primo spezzone, già munito di manicotto, il tappo di fondo e fissare il tubo per l'iniezione;
- inserire il primo tubo predisposto nella perforazione (in presenza di acqua nel foro riempire il tubo di acqua per contrastare la spinta di Archimede e favorirne l'affondamento);
- bloccare il tubo mediante l'apposita morsa in modo che dalla perforazione fuoriesca solamente il manicotto di giunzione;
- inserire lo spezzone successivo ed eseguire l'incollaggio con il mastice, la rivettatura e la sigillatura del giunto con silicone e nastro autovulcanizzante;
- allentare la morsa e calare il tubo nel foro (riempiendolo d'acqua se non cala) fissando nel contempo il tubo d'iniezione; bloccare la colonna con la morsa quando fuoriesce solamente il manicotto;
- procedere di seguito fino al completamento della colonna annotando la lunghezza dei tratti di tubo e la profondità dei manicotti.

Completata la colonna, iniziare la cementazione che dovrà avvenire a bassa pressione ($P = 2$ atm) attraverso il tubo d'iniezione esterno, facendo attenzione a quando si ha fuoriuscita della boiaccia all'esterno dei tubi. I rivestimenti di perforazione devono essere estratti, operando solo a trazione, non appena la boiaccia appare in superficie. Nella fase di estrazione dei rivestimenti il rabbocco della boiaccia potrà essere eseguito da boccaforo anziché attraverso il tubo di iniezione, per mantenere il livello costante a p.c.; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi.

Nella fase finale della cementazione si dovrà provvedere alla installazione attorno al tratto superiore del tubo inclinometrico di un tubo di protezione in acciaio o p.v.c. pesante (diametro interno minimo $D = 0.12$ m lunghezza $L > 1.0$ m). Il tubo sporgerà di 15 cm dalla sommità del tubo inclinometrico e sarà provvisto di un coperchio in acciaio con chiusura antigelo, dotato di lucchetto.

Terminata la cementazione il tubo inclinometrico sarà accuratamente lavato con un attrezzo a fori radiali e acqua pulita; l'attrezzo dovrà essere dotato di pattini zigrinati per la pulizia delle guide.

Dopo il lavaggio e a presa avviata, si dovrà far scorrere nei tubi una sonda testimone uguale per dimensioni a quella di misura, per verificare la continuità e l'integrità del tubo. L'operazione sarà ripetuta sulle quattro guide.

Segnare in modo indelebile sulla testa del tubo la guida di riferimento.

Si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- schema geometrico delle tubazioni installate;
- quota assoluta della testa tubo;
- caratteristiche del tubo installato e del cemento usato nella miscela, insieme a composizione e quantità della stessa per quanto assorbita.

3.2.16 *Installazione di colonne inclinometriche*

Lo strumento è costituito da una catena con nodi differenti, che contengono i sensori richiesti per raccogliere dati differenti. La scelta della distanza tra i nodi ed il loro numero è funzione della precisione richiesta, della durata del monitoraggio e della velocità e posizione del corpo franoso.

I sensori di spostamento sono principalmente due: Tilt Link e Tilt Link HR.

Sul primo sono installati un sensore dotato di accelerometro tridimensionale, un magnetometro che misura il campo gravitazionale nelle tre direzioni ortogonali ed un sensore di temperatura. Questo nodo ha un grande range di misura (decine di centimetri) con una sensibilità dell'ordine di 10^{-1} mm al metro. Il Tilt Link HR ha, come il precedente, un sensore di temperatura ma, al posto dell'accelerometro ha una cella elettrolitica che misura l'inclinazione del nodo rispetto al piano orizzontale. La sensibilità che si può raggiungere è dell'ordine di 10^{-2} mm, con un'accuratezza finale di 0.02 mm/m. Nel caso in cui sia necessario misurare deformazioni molto piccole, per grandi spostamenti in tempi molto lunghi, si può ricorrere ad un nodo che unisce la versatilità del primo con l'accuratezza del secondo (Tilt Link HR 3D).

Tale strumentazione si presenta come un sistema modulare al quale possono essere collegati, sulla stessa catena, altri strumenti di misura integrati quali piezometri, estensimetri, barometri, ecc..

Installazione

Prima di procedere con l'installazione della catena è necessario controllare il suo effettivo funzionamento, mediante alcune letture di test. Successivamente, completato il foro, avente un diametro interno minimo superiore ai 120 mm, si cementa l'ancora al fondo. Il cavo deve essere sempre mantenuto in tensione. Quando la catena è completamente inserita nel foro, si riempie lo stesso con ghiaietto avente diametro massimo di 4 mm. Non occorre porre

particolare attenzione alla direzione con cui vengono calati i nodi, dal momento che i magnetometri autonomamente colgono l’orientamento degli stessi.

Nel caso in cui venga inserito un nodo piezometrico, per un suo corretto funzionamento, è opportuno rivestirlo con un filtro; a tal fine è sufficiente utilizzare un sacchetto di tessuto non tessuto fissato al nodo tramite fascette e riempito nella porzione al contorno della pietra porosa con della sabbia che funge da materiale filtrante. Prima di inserire la catena nel foro è importante immergere separatamente per qualche minuto il nodo piezometrico all’interno di un recipiente impermeabile colmo d’acqua; per eliminare l’aria residua nel filtro potrebbe essere utile una deaerazione del filtro o una sua bollitura. L’operazione di collegamento del piezometro al nodo deve essere eseguita sott’acqua.

Dopo l’installazione l’operatore deve connettere la catena alla centralina contenuta in apposito box. Essa è dotata di SD card per acquisire e raccogliere i dati, un router UMTS per spedire i dati da remoto, una batteria per alimentare tutto il sistema ed un piccolo pannello solare per ricaricare la batteria.

La catena può essere collocata nel sottosuolo secondo due configurazioni principali: verticale ed orizzontale, a seconda della scopo dello studio (catena verticale per movimento su piano orizzontale; catena orizzontale per movimenti su piano verticale). In entrambi i casi la catena può essere composta al massimo da 225 nodi.

3.2.17 *Assestimetri ed altri strumenti*

Gli assestimetri sono utilizzati per il monitoraggio delle variazioni di distanza tra due o più punti lungo un asse verticale comune; mediante tali strumenti si può ricavare, oltre che gli assestamenti del terreno, il valore delle tensioni qualora siano note le proprietà meccaniche del mezzo.

Gli estensimetri sono utilizzati per il monitoraggio delle variazioni di distanza tra due o più punti lungo un asse comune, non necessariamente verticale. Sono strumenti che consentono di verificare le variazioni dell’apertura delle discontinuità. Permettono di ricavare, oltre all’apertura di fessure anche il valore delle tensioni.

Per l’installazione degli assestimetri, generalmente, occorrerà predisporre un foro appositamente rivestito per tutta la sua lunghezza con tubazione di manovra, del diametro compreso tra 130 e 150 mm.

Assestimetri a piastra

Sono utilizzati per il monitoraggio degli assestamenti al di sotto di rilevati su terreni soffici. L’assestimetro a piastra è costituito da una piastra d’acciaio, legno o cls (1.0-1.2 m² di superficie) posizionata alla base del rilevato, a cui è attaccato un tubo verticale in ferro la cui sommità fuoriesce dal rilevato (circa 50 mm di diametro).

Se il rilevato ha altezza superiore ad 8 m o la piastra è appoggiata su terreno altamente compressibile si utilizza un tubo di rivestimento, scollegato dalla piastra, intorno a quello su cui si effettuano le misure, per impedire che la spinta verso il basso trasmessa dal terreno al palo per attrito negativo spinga la piastra al di sotto del livello a cui è stata posizionata. La piastra viene posizionata all’inizio della costruzione del rilevato, e man mano che viene aggiunto il materiale di riempimento si devono aggiungere gli elementi del tubo di misura.

A questo proposito si deve fare molta attenzione che il tubo sia mantenuto in verticale e si devono misurare con precisione la lunghezza dei vari elementi, per conoscere la lunghezza complessiva con precisione.

Assestimetro fisso in foro di sondaggio

Questo tipo di assestimetro è impiegato per il monitoraggio delle variazioni di distanza tra 2 o più punti del terreno lungo l’asse del sondaggio. Si possono realizzare, in un unico sondaggio, più punti di ancoraggio a quote diverse, ciascuno con un’asta d’acciaio che va dal punto di ancoraggio all’anello fisso in superficie. Realizzando quindi un assestimetro multiplo. Al posto delle aste possono essere impiegati fili metallici in tensione.

Le aste hanno un diametro variabile, 5-13mm, sono di più semplice installazione e vengono preferite per assestimetri fino a 90 m di lunghezza. Le aste sono in acciaio inossidabile, in lega d’alluminio o fibra di vetro e vengono messe in opera inserite entro un tubo di rivestimento, talvolta riempito con olio, per ridurre gli attriti. L’asta è connessa, in corrispondenza dell’anello fisso, ad un trasduttore: le variazioni di lunghezza dell’asta producono variazione della resistenza del potenziometro e vengono così rilevate. Per lunghezze superiori a 90 m, è preferibile utilizzare fili d’acciaio inossidabile prestirati in modo che la loro lunghezza non vari sensibilmente per stiramento quando sono posti in opera.

I fili metallici possono essere messi in tensione al momento dell’installazione fissandoli all’anello superficiale, eventuali variazioni della distanza tra i punti di attacco produrranno variazioni della tensione dei fili che possono essere rilevate con trasduttori meccanici (micrometri), a resistenza elettrica, a corda vibrante ed altri.

Assestimetro con fili metallici a tensione costante

Un altro metodo di misura consiste nel mantenere i fili ad una tensione costante mediante un sistema di pesi e pulegge; in questo caso si misura l'accorciamento (o anche l'allungamento nel caso si misurino tensioni) del filo tra il punto di ancoraggio e la puleggia.

L'ancoraggio sia delle aste che dei fili metallici all'interno del sondaggio può essere realizzato in vari modi, a seconda del tipo di roccia o terreno, del diametro e della lunghezza del sondaggio. Per l'ancoraggio di aste in roccia sono molto usati ancoraggi con espansore meccanico cuneiforme. Gli ancoraggi in cemento non sono adatti per il terreno ma solo per la roccia, sono utilizzati sia per le aste che per i fili metallici che vengono protetti dal cemento con tubi di rivestimento. Esistono due tipi di ancoraggi idraulici utilizzati sia per le aste che per i fili metallici. Il modello a tubo di espansione è utilizzabile sia nei terreni che nella roccia; è costituito da un tubo metallico morbido sigillato ad una estremità e saldato all'altra col supporto per l'asta o il filo. Il tubo viene pressurizzato con olio fino a farlo aderire con le pareti del sondaggio. Il secondo tipo detto a denti è utilizzato principalmente nei terreni. Il dispositivo viene calato alla quota di fissaggio, uno o due gruppi di denti metallici, spinti idraulicamente verso l'esterno, si infiggono nelle pareti del sondaggio ottenendone l'ancoraggio.

Assestometro a sonda

Consentono di misurare le variazioni di distanza tra due o più punti di un asse, e quindi gli assestamenti, per mezzo di una sonda calata nel foro di sondaggio.

Questo tipo di strumento può essere realizzato inserendo in un sondaggio una serie di spezzoni di tubo inclinometrico di sezione alternativamente più grande e più piccola.

Facendo attenzione che gli elementi di sezione minore si inseriscano, per un breve tratto, all'interno di quelli a sezione maggiore, si realizza un accoppiamento telescopico tra i vari elementi che permette loro di muoversi seguendo i movimenti del terreno. Dato che la trasmissione del movimento dal terreno ai tubi è affidata esclusivamente all'attrito del terreno sulla loro superficie esterna, e non a sistemi di ancoraggio al terreno, se il terreno scivola, anche parzialmente, intorno ai tubi, le misure degli spostamenti possono non essere corrette.

Estensimetri ad asta e a filo

Sono adatti a controllare i micromovimenti profondi della roccia o del terreno. In particolare essi misurano le variazioni relative della distanza tra un riscontro esterno e uno o più punti di ancoraggio distribuiti a profondità diverse entro un foro. Entrambi sono muniti o di misuratori meccanici (con comparatore centesimale) o di misuratori elettrici (con trasduttori lineari di spostamento).

Barretta estensimetrica

Misura le deformazioni di una struttura in cls durante l'esercizio, consentono il calcolo degli sforzi ai quali essa è sottoposta. Il trasduttore si compone di uno o più estensimetri, collegati a ponte interno, applicati su una barra in acciaio le cui estremità vengono legate o saldate ai ferri d'armatura.

Misuratori di giunti

Trovano impiego nel monitoraggio di crepe. Il sistema di ancoraggio è autoallineante, per adattarsi a movimenti non lineari. La facilità di montaggio lo rende particolarmente adatto al monitoraggio di crepe in posizioni scomode. Le misure si possono effettuare con centraline di lettura manuali o con acquisizione dati (monocanale o a più canali). Possono essere dotati di sensore di temperatura e di trasmettitori per acquisizione dei dati da località remote.

Si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- schema geometrico delle strumentazioni installate;
- caratteristiche della strumentazione installata.

3.2.18 Prove di carico su piastra in terre

La prova consente di determinare le proprietà di resistenza e il cedimento verticale di una determinata massa di terreno in sito.

Normativa di riferimento: Bollettino CNR UNI 146 del dicembre 1992 "Determinazione dei moduli di deformazione M_d e M'_d mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare".

Per ciascuna prova, si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- profondità a cui è stata eseguita la prova;
- fotocopia delle tabelle con letture di cantiere del micrometro, per ciascun gradino di carico;

- diagramma carichi-cedimenti;
- modulo di deformazione M_d (MPa) relativo al primo ciclo di carico, calcolato nell'intervallo di carico definito, in accordo alla formula

$$M_d = \frac{\Delta p}{\Delta s} \cdot D$$

- modulo di deformazione M_d' (MPa) relativo al secondo ciclo di carico, calcolato nell'intervallo di carico definito, in accordo alla formula

$$M_d' = \frac{\Delta p'}{\Delta s'} \cdot D$$

Dove:

$\Delta p/\Delta p'$ = incremento di carico specifico (MPa);

$\Delta s/\Delta s'$ = cedimento corrispondente all'incremento di carico (mm)

D = diametro della piastra (mm).

- Certificato di taratura del manometro di misura non anteriore di 3 mesi la data di inizio prove.

3.2.19 Prove di carico su piastra in roccia

Le prove di carico su piastra in terreni lapidei e litoidi si eseguono per la determinazione del modulo di deformabilità e di elasticità sul contorno di scavo e in profondità.

Normativa di riferimento: *Raccomandazioni ISRM “SM for Determining In Situ Deformability of Rock – 1979”*.

-

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

- ubicazione ed orientazione dei punti di prova con relativa rappresentazione grafica in scala;
- relazione descrittiva dei caratteri geomeccanici rilevati in sito, con il corredo della documentazione fotografica dell'ammasso roccioso nel sito di prova;
- elenco e descrizione dell'attrezzatura impiegata, con documentazione fotografica della attrezzatura di prova completamente montata;

- procedura di prova e formulazione matematica per il calcolo del modulo di deformabilità;
- tabella con riportate le misure di spostamento in funzione del carico applicato;
- diagrammi spostamento-pressione per ogni punto di misura;
- diagramma spostamenti globali-profondità della base di misura
- diagramma spostamenti reversibili- profondità della base di misura;
- tabella riassuntiva dei moduli di deformabilità e di elasticità calcolati (MPa).

3.2.20 *Prove dilatometriche*

Viene utilizzata per la determinazione in sito dei parametri di deformabilità. I risultati della prova, se eseguita in numero sufficiente, consentono di fornire elementi di supporto al modello geologico e geomeccanico dell’ammasso roccioso. Inoltre, interpretati mediante le correlazioni sperimentali, forniscono stime rapide e soddisfacentemente accurate di parametri geotecnici e di resistenza.

Normativa di riferimento: *Raccomandazioni ISRM “SM for Rock Stress Determination – 1987.*

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

- ubicazione, direzione ed immersione del sondaggio;
- profondità della sezione di misura;
- caratteristiche della attrezzatura impiegata;
- diagrammi variazioni diametrali-pressione per ogni trasduttore;
- schema di calcolo dei moduli elastici e di deformabilità;
- relazione matematica per il calcolo dei moduli;
- tabelle riassuntive dei moduli di deformabilità e di elasticità.

3.2.21 *Prova con martinetto piatto*

Consente la valutazione dello stato tensionale tramite lettura della pressione necessaria a ripristinare la convergenza dei lembi di un taglio piano praticato perpendicolarmente alla superficie di prova.

Normativa di riferimento: *ASTM D4729-87, ISRM Suggested methods of rock stress determination.*

La documentazione della prova comprenderà, oltre alle informazioni generali e sulla ubicazione della prova:

- descrizione geomeccanica dell'ammasso con documentazione fotografica;
- descrizione delle apparecchiature di prova (di carico e di misura), loro specifiche tecniche, certificati di calibrazione, documentazione fotografica;
- tabelle delle letture originali;
- grafico deformazioni/carichi;
- valore dello stato di sollecitazione misurato e del modulo di deformabilità;
- documentazione fotografica della prova in corso di esecuzione.

3.3 INDAGINI GEOFISICHE

3.3.1 *Prospezioni Sismiche*

3.3.1.1 *Prove Down-Hole*

Metodo geofisico per la misura in sito della velocità di propagazione V_p delle onde sismiche longitudinali e V_s delle onde trasversali per la determinazione dei parametri di deformabilità in condizioni dinamiche dei terreni.

Le misure si eseguiranno mediante la misurazione dei tempi di tragitto di impulsi sismici da un emettitore ad un ricevitore, quest'ultimo posto all'interno di un foro di sondaggio adeguatamente rivestito con tubazione apposita.

La esecuzione della prova richiede la predisposizione di un foro di sondaggio attrezzato con tubazioni.

Le modalità di esecuzione della prova saranno le seguenti:

- posizionamento e bloccaggio del ricevitore in corrispondenza del primo punto di prova, in accordo al programma di lavoro;
- generazione dell'impulso (è ammessa anche la somma di più impulsi) e registrazione degli arrivi degli impulsi longitudinali e di taglio;
- ripetizione delle medesime operazioni lungo tutta la verticale di prova.

Le misure saranno relative all'intervallo di profondità ed avranno la frequenza specificata dal programma di lavoro (la frequenza oscilla di norma tra 1 misura ogni 0,5 m ed 1 ogni 3,0 m).

In cantiere, prima dell'installazione, si dovrà provvedere a:

- controllare che i tubi non presentino lesioni o schiacciature dovuti al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- controllare che le estremità dei tubi non presentino sbavature che possono compromettere il buon accoppiamento;
- verificare l'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna;
- controllare e preparare i componenti per la realizzazione della miscela di cementazione che sarà composta da acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;
- controllare gli utensili per l'installazione, ed in particolare l'efficienza della morsa di sostegno.

Per la esecuzione delle misure geofisiche si utilizzeranno le sottoelencate attrezzature:

- sistema di energizzazione (per onde di compressione P) costituito da:
 - martello strumentato lasciato cadere con violenza su una piastra metallica appoggiata al suolo
 - cannoncino sismico
 - energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici trainati e/o trasportati
- sistema di energizzazione (per onde di taglio SH) costituito da una massa battente manovrata a mano, pneumaticamente o oleopneumaticamente agente a percussione sul piano orizzontale in modo coniugato (180°) su un'incudine di legno o di altro materiale, ben saldo al terreno solo per attrito radente e posto nelle adiacenze della testa foro. È onere e responsabilità dell'Impresa dimensionare correttamente la sorgente, in funzione della natura e caratteristiche dei terreni interessati e che sono da considerarsi noti, in quanto le misure sono successive alla perforazione dei sondaggi entro i quali si eseguono le stesse.
- geofoni da foro tridimensionali, a frequenza compresa fra 8 e 14 Hz, e di diametro minore o uguale a 70 mm, da calare nel foro a profondità prefissate, in grado di registrare i tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio; ogni ricevitore deve potere essere reso solidale con la tubazione di rivestimento del foro tramite un dispositivo di bloccaggio meccanico, pneumatico e/o elettrico.

In caso si utilizzi un solo ricevitore, questo potrà essere anche:

- a doppia terna ovvero costituito da due terne cartesiane ortogonali di ricevitori spaziate fra loro di un metro (1 Verticale e 2 Orizzontali)

- costituito da 3 o più geofoni orizzontali (1 Verticale 3 o più geofoni Orizzontali) disposti sul piano orizzontale ad angoli variabili (60° se 3 geofoni orizzontali – 45° de 4 geofoni orizzontali)
- sismografo registratore con un numero di canali uguale o superiore al numero di ricevitori utilizzati, in grado di realizzare campionature di segnali tra 0.025 e 2 millisecondi e dotato di filtri high pass, band pass e band reject, di "Automatic Gain Control" e di convertitori A/D del segnale campionato ad almeno 16 bit;
- apposito software per l'elaborazione dei dati, in grado di fornire i valori di velocità delle onde di compressione e di taglio per ogni stazione di misura impiegando interattivamente algoritmi di calcolo adeguati (es. ART, SIRT, e ILSP) previo controllo dei tragitti dei raggi sismici (Ray Tracing Curvilineo).

I tubi per prove "down-hole" avranno sezione circolare, con le seguenti caratteristiche:

- spessore > 3 mm
- diametro interno \varnothing int = 75 ÷ 100 mm

I tubi saranno realizzati in PVC, in spezzoni da circa 3 m di lunghezza ed assemblati mediante filettatura a vite.

La posa in opera dei tubi dovrà avvenire in accordo con le seguenti modalità (l'uso dei manicotti e dei rivetti è facoltativo):

- Lavare accuratamente la perforazione con acqua pulita;
- Preassemblare i tubi in spezzoni di circa 6.0 m fasciando le giunzioni con nastro autovulcanizzante;
- Montare sul primo spezzone il tappo di fondo e fissare il tubo per l'iniezione;
- Inserire il primo tubo predisposto nella perforazione (in terreni sotto falda riempire il tubo di acqua per contrastare la spinta di Archimede e favorirne l'affondamento).
- Bloccare il tubo mediante l'apposita morsa in modo che dalla perforazione fuoriesca solamente l'estremità superiore.
- Inserire lo spezzone successivo ed eseguire l'incollaggio e la sigillatura del giunto.
- Allentare la morsa e calare il tubo nel foro (riempiendolo d'acqua se necessario) fissando nel contempo il tubo d'iniezione.
- Bloccare la colonna con la morsa quando fuoriesce solamente l'estremità superiore.

Procedere di seguito fino al completamento della colonna annotando la lunghezza dei tratti di tubo inseriti.

Completata la colonna, iniziare la cementazione che dovrà avvenire a bassa pressione (≈ 2 atm) attraverso il tubo d'iniezione, osservando la risalita della miscela all'esterno dei tubi.

I rivestimenti di perforazione dovranno essere estratti, operando solo a trazione, non appena la miscela appare in superficie. Nella fase di estrazione dei rivestimenti il rabbocco di miscela potrà essere eseguito da testa foro anzichè attraverso il tubo di iniezione, per mantenere il livello costante a p.c.; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi.

Nella fase finale della cementazione si dovrà provvedere all'installazione attorno al tratto superiore del tubo di prova di un tubo di protezione in acciaio o p.v.c. pesante (diametro interno minimo \varnothing int = 0,12 m, lunghezza $L > 1.0$ m).

Il tubo spingerà di 15 cm dalla sommità del tubo per prove geofisiche e sarà provvisto di un coperchio in acciaio dotato di lucchetto.

Terminata la cementazione il tubo di prova sarà accuratamente lavato con un attrezzo a fori radiali e acqua pulita.

Se richiesto, alla distanza di 2 m da bocca foro si realizza un cubo in calcestruzzo di lato 50 cm, inserito nel terreno per 20 cm e reso ben solidale con il medesimo.

Il cubo deve, a presa ed indurimento avvenuti, essere resistente alla percussione manuale con mazza da 10 Kg e privo di lesioni, fratture, fessure da ritiro. In alternativa al cubo, sempre se richiesto, sarà realizzato un alloggiamento interrato in cls per l'uso di un percussore idraulico.

Le modalità di esecuzione della prova dovranno essere le seguenti:

- posizionamento e bloccaggio degli energizzatori delle onde di compressione e di taglio in prossimità della bocca pozzo (a qualche metro di distanza dai 2 – 5 m);
- posizionamento e bloccaggio del ricevitore a fondo foro;
- generazione di un impulso di taglio normale e coniugato con relativa registrazione dei tempi di arrivo delle onde di taglio per verifica dei parametri di acquisizione (record time). Durante questo test si deve riconoscere chiaramente l'arrivo delle onde di taglio mediante inversione di polarità del segnale acquisito.

Stabiliti gli esatti parametri di acquisizione si procede con la registrazione nel seguente modo:

- energizzazione delle onde di compressione e registrazione del file relativo;
- energizzazione delle onde di taglio e registrazione del file relativo;
- riposizionamento del ricevitore 1 metro (o quanto stabilito dalla DL) più superficiale rispetto a fondo foro e ripetizione delle energizzazioni di compressione e di taglio come sopra;
- ripetizione delle medesime operazioni lungo tutta la verticale d'indagine.

Le misure saranno relative all'intervallo di profondità e avranno frequenza non inferiore a 1 misura ogni metro di sondaggio.

La documentazione delle misure dovrà comprendere quanto sottoelencato:

- informazioni generali atte ad ubicare ed identificare le prove;
- schema geometrico del tubo installato;
- quota assoluta della testa del tubo;
- caratteristiche del tubo installato;
- modalità, quantità e composizione della miscela iniettata nell'intercapedine;
- ubicazione e caratteristiche descrittive del dispositivo di energizzazione con date di esecuzione del getto;
- sismogrammi in originale delle registrazioni di campagna su supporto magnetico;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicati:
 - gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi;
- diagrafie riportanti:
 - stratigrafia del sondaggio;
 - tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio;
 - velocità delle onde di compressione e di taglio per ogni stazione;
 - intervallari delle onde di compressione e di taglio;
 - coefficiente di Poisson dinamico;
 - modulo di elasticità dinamico;
 - modulo di taglio dinamico;
 - modulo di compressibilità dinamico;
 - tracce sismografiche onde di compressione;
 - tracce sismografiche onde di taglio.

3.3.1.2 Prova Cross-Hole

Metodo geofisico per la misura in sito della velocità di propagazione V_p delle onde sismiche longitudinali e V_s delle onde trasversali per la determinazione dei parametri di deformabilità in condizioni dinamiche dei terreni.

Le misure si eseguono mediante la misurazione dei tempi di tragitto di impulsi sismici da un emettitore ad un ricevitore posti all'interno di due fori di sondaggio paralleli e ravvicinati, a distanza reciproca di $3 \div 8$ m.

Normativa di riferimento: *ISRM - "Suggested methods for seismic testing within and between boreholes", 1988.*

La documentazione delle misure dovrà comprendere quanto sottoelencato:

- informazioni generali atti a ubicare ed identificare le prove;
- schema geometrico di ogni tubo installato;
- quota assoluta della testa del tubo;
- caratteristiche del tubo installato;
- modalità, quantità e composizione della miscela iniettata nell'intercapedine;
- rilievo inclinometrico della verticalità;
- sismogrammi in originale delle registrazioni di campagna su supporto magnetico;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicati:
 - gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi;
 - diagrafie riportanti:
 - stratigrafie dei sondaggi;
 - tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio;
 - velocità delle onde di compressione e di taglio nella sezione compresa tra i due fori;
 - coefficiente di Poisson dinamico;
 - modulo di elasticità dinamico;
 - modulo di taglio dinamico;
 - modulo di compressibilità dinamico;
 - tracce sismografiche onde di compressione;
 - tracce sismografiche onde di taglio;

- misure inclinometriche;
- risultanze finali ed interpretative.
- Log sonico
- diagrammi di V_p e V_s rispetto alla profondità.

Le misure effettuate e la loro restituzione in un grafico che evidenzia la distanza in ogni punto della coppia dei fori per misure "cross-hole" farà parte integrante della documentazione.

3.3.2 Carotaggio sonico

Misure in foro di sondaggio della velocità di propagazione di impulsi sonici, mediante una sonda cilindrica dotata di un emettitore di impulsi in testa e di uno o più ricevitori all'altra estremità.

La sonda di prova dovrà essere costituita da un corpo cilindrico con emettitore sonico all'estremità superiore e 1 oppure 2 ricevitori all'estremità opposta, separati da una distanza di 80 ÷ 100 cm, se non altrimenti approvato e da un corpo intermedio costituito da materiale in grado di impedire la diretta propagazione dell'impulso sonico da emettitore a ricevitore.

Nel caso di sonda con 2 ricevitori, anche questi saranno separati da un corpo intermedio in grado di assorbire gli impulsi diretti.

Cavi elettrici di connessione della sonda con una centralina di ricezione del segnale, quest'ultima in grado di registrare il tempo di tragitto dell'impulso da sorgente a ricevitore in millisecondi.

La sonda verrà inserita nel foro di sondaggio, non rivestito, ed arrestata in corrispondenza di punti distanti fra loro di 25 ÷ 50 cm, con misura in corrispondenza di ogni punto di prova del tempo di tragitto dell'impulso sonico.

Le misure saranno eseguite sull'intera lunghezza del foro di sondaggio, se non diversamente richiesto dal programma di lavoro.

La documentazione di ciascuna verticale di prova comprenderà:

- informazioni generali atte ad identificare ed ubicare completamente la verticale di prova;
- diagramma rappresentante la velocità sonica (km/s) rispetto alla profondità (m);
- nota descrittiva delle operazioni eseguite con commenti e valutazioni interpretative dei risultati ottenuti.

3.3.3 *Prospezioni sismiche a rifrazione*

Consiste nella registrazione dei tempi di arrivo delle onde di compressione (P) e delle onde di taglio (SH), create allo scopo tramite opportuna energizzazione, e rifratte dalle superfici di discontinuità che costituiscono contrasti di impedenza del sottosuolo. La registrazione si realizza attraverso uno stendimento di geofoni disposti a intervalli regolari lungo il profilo da indagare. L'equidistanza tra i geofoni ed il loro numero dipendono dal dettaglio e dal target (profondità di indagine richiesta).

Normativa di riferimento:

ASTM D 5777 - 95 - Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation.

La documentazione finale deve comprendere i seguenti elaborati:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- sismogrammi originali su supporto cartaceo e/o digitale;
- profili sismostratigrafici in scala adeguata con indicati i valori di velocità delle onde di taglio (V_S) calcolati per intervalli omogenei;
- elaborazione a isolinee o a campiture di colore delle velocità delle onde di taglio (V_S) in caso di elaborazione tomografica;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicate le strumentazioni utilizzate, le metodologie operative, gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi, procedure applicate, le risultanze finali ed interpretative;
- documentazione fotografica.

3.3.4 *Prospezioni sismiche a riflessione*

Consiste nell'energizzazione del sottosuolo e nella registrazione degli arrivi delle onde di compressione (onde P) e di taglio (onde SH) riflesse, in corrispondenza di geofoni verticali e/o orizzontali disposti secondo un allineamento con interassi tra i geofoni e lunghezza totale dello stendimento tali da permettere una adeguata profondità di indagine.

L'attrezzatura richiesta per l'esecuzione di profili sismici a riflessione è la seguente:

- sismografo minimo a 48 canali, con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno

- verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
- minimo 48 geofoni verticali a frequenza propria variabile tra 25 e 100 Hz;
 - sistema di energizzazione adeguato alla profondità di indagine che potrà essere costituito da:
 - martello strumentato lasciato cadere con violenza su una piastra metallica appoggiata al suolo (onde P) o agente lateralmente su un blocco adeguatamente ancorato al terreno (onde SH);
 - cannoncino sismico
 - energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici trainati e/o trasportati
 - cariche di esplosivo.

Il rilievo sismico a riflessione dovrà essere eseguito per mezzo di stese lineari con geofoni posti ad intervalli regolari scelti in relazione alla profondità dell'obiettivo da raggiungere. In generale l'interdistanza tra i geofoni dovrà essere pari a 0.5, 1, 2.5, 5 metri.

I punti di origine dell'energia dovranno essere ubicati o nel centro di simmetria del gruppo di registrazione (metodologia "Split Spread") oppure ad un estremo dello stendimento (metodologia "End On") o infine in posizione distanziata dai due punti precedenti fino ad un massimo di 30-50 metri dalla stesa ed in direzione parallela alla stesa stessa.

L'indagine e l'elaborazione dei dati dovranno garantire una "copertura multipla" minima del 1200%.

La prospezione sismica a riflessione dovrà essere realizzata secondo criteri di "stacking orizzontale" mediante copertura multipla di stendimenti in ragione variabile da un minimo del 1200% secondo gli indirizzi e la finalità dell'indagine.

Con un registratore a 48 canali si può ottenere una copertura multipla del 1200 % energizzando ogni due distanze intergeofoniche mentre se si energizza ogni distanza intergeofonica si ottiene una copertura multipla del 2400%.

Allo stesso modo utilizzando un sismografo a 96 canali si ottiene una copertura multipla del 4800% energizzando ad ogni distanza intergeofonica; mentre se si energizza al doppio della distanza intergeofonica si ottiene una copertura multipla del 2400% e, infine, si può ottenere una copertura multipla del 1200% energizzando ogni 4 distanze intergeofoniche.

La prospezione sismica a riflessione dovrà indicativamente rispettare le seguenti correlazioni tra spaziatura intergeofonica della linea (da 48 canali di registrazione) e profondità ottimale dell'obiettivo di indagine.

Tabella 6. Spaziatura intergeofonica.

Spaziatura geofonica	Profondità obiettivo
0.5 m	< 25 m
1 m	25 – 50 m
2.5 m	50 – 100 m
5 m	> 100 m

L'insieme dei dati acquisiti dovrà essere organicamente elaborato, mediante software dotati di alta valenza risolutiva, attuando nel modo più rigoroso le fasi sequenziali del procedimento analitico.

- 1) Correzioni statiche
- 2) *Muting*
- 3) Analisi spettrale
- 4) Filtraggi sia nel dominio dei tempi che in quello delle frequenze con filtri variabili
- 5) FK *filter* sia in velocità che polinomiali
- 6) Analisi di velocità (*Normal Move Out*)
- 7) Deconvoluzione
- 8) *Stacking*
- 9) Correzioni statiche residue
- 10) Migrazione

La documentazione finale dovrà comprendere i seguenti elaborati:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- cartografia scala 1:2000 (oppure diversa se approvata) con esatta ubicazione degli stendimenti, dei punti di stazione dei capisaldi, corredata del libretto di campagna dei rilievi topografici eseguiti;
- sismogrammi in originale su supporto magnetico o disco ottico delle registrazioni di campagna;

- sismosezioni dei tempi (ms) in ordinate e delle distanze (m) in ascisse della elaborazione finale di ogni linea sismica a riflessione atte a configurare qualitativamente le situazioni geotettoniche primarie;
- sismosezioni delle profondità (m) in ordinate e delle distanze (m) in ascisse della elaborazione finale di ogni linea sismica a riflessione;
- relazione conclusiva con indicate le metodologie impiegate, gli algoritmi e i criteri di calcolo ed elaborazione adottati con commenti sulle risultanze ottenute e correlazione con le informazioni di natura geologica dell'area in esame;
- documentazione fotografica.

3.3.5 *Prospezione sismica ibrida*

Indagine congiunta di sismica tomografica e sismica a riflessione i cui segnali sismici acquisiti vengono processati sia in tomografia che in riflessione.

La profondità massima indagata è circa $1/4 - 1/5$ della lunghezza dei tiri sismici e per ottenere dei risultati ottimali occorre mantenere il target della ricerca entro i $2/3$ della profondità massima indagata, quindi ad esempio per una profondità di interesse geognostico di 60 m la profondità d'indagine sarà $60 + 60 * 2/3 \approx 100$ m

Questo a dire che se il target è entro 100 m di profondità abbiamo una lunghezza minima di modulo sismico di acquisizione che sarà almeno 4-5 volte la profondità quindi 400-500 m, questa misura corrisponde alla lunghezza minima del modulo sismico ed anche alla lunghezza minima del "tiro" sismico" più esteso il che significa, ad esempio per una spaziatura dei sensori di 2.5 m, acquisire almeno $400 (500)/2.5 = 160-200$ sensori per ogni energizzazione.

Le interdistanze fra i sensori vengono definite dalla tecnica a riflessione in funzione della profondità minima del target di interesse geognostico e non dalla profondità massima dell'indagine che è solo funzione della quantità di energia che viene utilizzata.

Questo a dire che se il settore d'indagine è entro 100 m dal piano campagna sarà necessario programmare dei parametri di acquisizione che siano calibrati per una profondità inferiore allo scopo di dare una adeguata risoluzione al tratto tra il piano campagna ed il target cioè nel settore analizzato dalla tomografia sismica.

La interdistanza geofonica dovrà essere di 2.5 m.

Ne deriva che il numero dei sensori da utilizzare per ogni modulo minimo di acquisizione ma anche per ogni record sismico (numero di canali) sarà derivato dal rapporto:

Lunghezza modulo dalla sismica tomografica / Interdistanza sensori dalla riflessione

Cosicchè se il target è ad esempio a 100 m si ha:

Lunghezza sezione dalla sismica tomografica $100 / (1/4)^{(1/5)} = 400 \sim 500$ m

Interdistanza sensori dalla riflessione = 2.5 m

N° canali da utilizzare $400 \sim 500 / 2.5 = 160 \sim 200$ sensori per ogni record sismico.

Ovviamente i sensori dovranno essere tutti collegati ad un sistema di sismografi in rete locale che in questo caso di 160~200 sensori corrisponde ad 7-9 sismografi da 24 canali (168-216 canali).

Le energizzazioni andranno effettuate ogni 2-3 stazioni geofoniche in onde di compressione o di taglio.

Il processing dei dati sarà effettuato in tomografia sismica e ed in riflessione.

L'elaborazione dovrà essere, quindi sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropica, la quale dovrà fornire, previa elaborazione con metodologie iterative R.T.C. (*Ray Tracing Curvilineo*) e algoritmi di ricostruzione tomografica (ad esempio con l'impiego di algoritmi ART - *Algebraic Reconstruction Technique*, SIRT - *Simultaneous Iterative Reconstruction Technique* o ILST - *Iterative Least Square Technique*), il campo delle velocità del sottosuolo ad elevata densità di informazioni: le celle unitarie, di forma rettangolare, potranno avere dimensioni orizzontali (asse x) e verticali (asse z) pari a, rispettivamente, $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni.

La documentazione da consegnare sarà quella relativa alla sismica tomografica ed alla sismica a riflessione.

3.3.6 *Prospezione geotomografica*

Nella prospezione sismica geotomografica, eseguita in corrispondenza di una sezione delimitata da due superfici comunque inclinate (costituite ad es. da due fori di sondaggio oppure dalla superficie topografica e un foro di sondaggio) si utilizza una superficie come superficie di energizzazione e l'altra come superficie di ricezione.

Nel caso in cui ci si trovi di fronte a una prospezione fra due sondaggi in un sondaggio saranno posizionati dei ricevitori e nell'altro verranno effettuate le energizzazioni.

Nel caso invece in cui ci si trovi di fronte a una prospezione fra un sondaggio e la superficie topografica saranno posizionati nel sondaggio i ricevitori e sulla superficie topografica verranno effettuate le energizzazioni (eventualmente si possono invertire le posizioni).

Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita almeno dai seguenti componenti:

- sismografo a 24 canali, con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
- sistema di energizzazione per onde di compressione di tipo pneumatico, oleodinamico elettrico o a capsula esplodente (per le energizzazioni in pozzo);
- geofoni di superficie a frequenza propria variabile tra 8 e 100 Hz (per le ricezioni sulla superficie topografica);
- geofoni da pozzo o idrofonici (se in falda), a frequenza propria variabile tra 8 e 14 Hz (per le ricezioni in pozzo);
- sistema di energizzazione per le onde di compressione da superficie che può essere costituito da:
 - martello strumentato lasciato cadere con violenza su una piastra metallica appoggiata al suolo;
 - cannoncino sismico;
 - energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici trainati e/o trasportati.

Modalità esecutive fra due sondaggi

Tali indagini vengono effettuate, solitamente, per la determinazione e la definizione di oggetti sepolti all'interno di un terreno incassante sia il caso di cavità o di fondazioni in jet grouting e/o pali di fondazioni nonché per la definizione di eventuali piani di fratturazione tettonica nello spazio compreso fra le due verticali.

La prospezione sarà tanto più precisa e definita quanto più le superfici di indagine saranno vicine fra loro e la distanza fra i ricevitori/emissioni di energia sarà piccola.

La distanza fra i ricevitori/emissioni di energia dovrà essere maggiore di 0.5 metri e la distanza minima fra i sondaggi non dovrà essere inferiore ai 2-3 metri

Solitamente si utilizzano stringhe di 24 ricevitori in pozzo spazati 0,5 metri e si emettono impulsi di energia nel pozzo adiacente ad intervalli di 0.5 m alle stesse quote dei ricevitori.

Fra sondaggio e superficie topografica

Tali indagini vengono effettuate, solitamente, per la determinazione di cavità o per la definizione di eventuali piani di fratturazione tettonica o superfici di allentamento della

scarpata.

Si dovrà inserire nel sondaggio una stringa di 24 ricevitori interspaziati 0,5 m e si energizzerà lungo la scarpata a distanza di 0.5 metri (in quota).

Sarà altresì possibile posizionare 24 ricevitori lungo la scarpata ed energizzare nel sondaggio per 24 volte alla stessa quota dei ricevitori.

Elaborazione dei dati

L'elaborazione dovrà essere sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropica, la quale dovrà fornire, previa elaborazione con metodologie iterative R.T.C. (*Ray Tracing Curvilineo*) e algoritmi di ricostruzione tomografica (ad esempio con l'impiego di algoritmi ART - *Algebraic Reconstruction Technique*, SIRT - *Simultaneous Iterative Reconstruction Technique* o ILST - *Iterative Least Square Technique*), il campo delle velocità del sottosuolo ad elevata densità di informazioni: le celle unitarie, di forma rettangolare, potranno avere dimensioni orizzontali (asse x) e verticali (asse z) pari a, rispettivamente, $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni.

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- sismogrammi originali su supporto magnetico;
- mappature in tonalità di colore relative alla sezione tomografica in termini di ray tracing, di densità dei dati e di velocità delle onde di compressione (V_p);
- tabelle con i parametri di input e calcolati;
- relazione in cui vengono riportate le metodologie di indagine, gli algoritmi impiegati, le analisi realizzate e le risultanze dell'analisi.

3.3.7 Prove per onde superficiali attive (MASW)

Il metodo si basa sulla misura delle onde superficiali eseguita con un dispositivo lineare di sensori sismici e con sorgenti artificiali.

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita almeno dai seguenti componenti:

- sismografo digitale a 12 canali (meglio 24), con possibilità di stack delle registrazioni, guadagno del segnale (in ampiezza) e dinamica del convertitore A/D minima a 16 bit;
- per prove relative alla caratterizzazione del sottosuolo, 12 (meglio 24) geofoni verticali (o

accelerometri) a frequenza propria uguale o inferiore a 4.5 Hz; per prove non distruttive su pavimentazioni o manufatti è possibile utilizzare sensori a frequenza maggiore;

- sistema di energizzazione costituito da uno dei seguenti dispositivi da scegliersi in funzione della scala delle indagini:
- mazza battente con eventuale piastra di ripartizione appoggiata al suolo;
 - energizzatori sismici impulsivi oleopneumatici e/o a gravità;
 - fucili sismici;
 - cariche di esplosivo;
 - sorgenti vibranti (vibrochina).

La procedura consiste in tre step principali: l’acquisizione dei dati sismici sul terreno; l’elaborazione per la stima delle curve di dispersione sperimentali e l’inversione delle curve di dispersione, volta alla stima dei profili di V_s che costituisce il risultato della prova.

Acquisizione

La fase di acquisizione prevede l’utilizzo di una sorgente (impulsiva o controllata) tramite la quale creare una perturbazione sismica che si propaga lungo la superficie libera che viene rilevata da più ricevitori (di norma geofoni verticali a bassa frequenza) posti lungo dispositivi lineari sul piano campagna.

La sorgente dovrà essere posta ad un estremo dello stendimento di misura ed effettuare energizzazioni ai due lati opposti dello stendimento per confrontare i risultati. Si dovranno effettuare almeno 10 ripetizioni dell’energizzazione – con eventuale stacking - per ogni punto sorgente).

Si dovranno rispettare i seguenti parametri di acquisizione:

Profondità d’indagine [m]	T [s]	dt [ms]	L [m]	dl [m]
1 (pavimentazione)	0,15	0.125	3	0.1
10	1	0.5	23	1
30	2	1	46	2
100	4	2	200	5-10

Dove per T si intende la durata dell’acquisizione, dt l’intervallo di campionamento, L la lunghezza dello stendimento di misura e dl la distanza intergeofonica.

Elaborazione dei dati

I dati dovranno essere elaborati secondo l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda) e ω -p (frequenza angolare-lentezza) dove i massimi di energia dello spettro sono associabili alle onde di Rayleigh e vengono identificati e trasformati in punti della curva di dispersione

Inversione

La procedura di inversione dovrà essere condotta con tecniche di ricerca locale (metodi linearizzati) o globale (metodi Monte Carlo) della soluzione.

La relazione in cui vengono riportate le metodologie di indagine, gli algoritmi impiegati, le analisi realizzate e i risultati ottenuti dovrà contenere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione possibilmente georeferenziata, data, nominativo dell'operatore, parametri di acquisizione e strumentazione utilizzata);
- sismogrammi originali su supporto magnetico;
- immagini relative alla trasformata bidimensionale del campo d'onda (f-k, ω -p, f-v) con massimi spettrali evidenziati;
- confronto tra la curva stimata e quella sintetica generata a partire dal modello finale di V_S ;
- confronto tra il profilo di V_S di primo tentativo e quello finale del processo di inversione;
- tabelle con i parametri calcolati e parametri assunti a priori (spessore degli strati, V_S , rapporto di Poisson o V_P e densità).

3.3.8 Prove per onde superficiali passive (Re.Mi)

Tali misurazioni sono in linea di principio analoghe alle prove per onde di Rayleigh con sorgente attiva. L'unica differenza è costituita dalla procedura di acquisizione e di stima della curva di dispersione sperimentale. Infatti, le misure sismiche passive non richiedono una sorgente artificiale ma sono basate sulla registrazione del rumore ambientale, che consiste in vibrazioni del terreno indotte da attività antropiche (come il traffico, il rumore derivante da macchinari industriali, ecc.), o da fenomeni naturali; tali vibrazioni del terreno prendono il nome di microtremori.

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita almeno dai seguenti componenti:

- sismografo digitale a 12 canali (meglio 24), guadagno del segnale (in ampiezza) e dinamica

del convertitore A/D minima a 16 bit, possibilità di registrazione di finestre temporali di alcuni minuti;

- 4 geofoni verticali/triassiali (o accelerometri) a frequenza propria uguale o inferiore a 4.5 Hz (requisito minimo, ma si consiglia l'utilizzo di 12 ricevitori);

Elaborazione dei dati

I dati dovranno essere elaborati secondo l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda) e ω -p (frequenza angolare-lentezza) dove i massimi di energia dello spettro sono associabili alle onde di Rayleigh e vengono identificati e trasformati in punti della curva di dispersione

Inversione

La procedura di inversione dovrà essere condotta con tecniche di ricerca locale (metodi linearizzati) o globale (metodi Monte Carlo) della soluzione.

La relazione in cui vengono riportate le metodologie di indagine, gli algoritmi impiegati, le analisi realizzate e i risultati ottenuti dovrà contenere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione possibilmente georeferenziata, data, nominativo dell'operatore, parametri di acquisizione e strumentazione utilizzata);
- sismogrammi originali su supporto magnetico;
- in caso di array di misura bidimensionali, immagini dello spettro tridimensionale (f-k_xK_y) con evidenziati i massimi spettrali;
- in caso di prove RE.MI., immagini dello spettro bidimensionale (f-k, w-p, f-v) con evidenziati i punti individuati per la stima della curva di dispersione e considerazioni sull'attendibilità della prova (confronto con dati attivi);
- confronto tra la curva stimata e quella sintetica generata a partire dal modello finale di V_s;
- confronto tra il profilo di V_s di primo tentativo e quello finale del processo di inversione;
- tabelle con i parametri calcolati e parametri assunti a priori (spessore degli strati, V_s, rapporto di Poisson o V_p e densità).

3.3.9 *Indagini di sismica passiva (HVSr)*

Questa tecnica si basa essenzialmente sul rapporto spettrale H/V di rumore ambientale (seismic noise) e permette di valutare gli effetti locali di sito.

La tecnica proposta da Nakamura assume che i microtremiti (il cosiddetto rumore di fondo registrabile in qualunque momento posizionando un sensore sismico sul terreno) consistano principalmente di un tipo di onde superficiali, le onde di Rayleigh, che si propagano in un singolo strato sovrapposto su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito.

La strumentazione di acquisizione presenta le seguenti specifiche:

- trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza (< 1-2 Hz);
- amplificatori;
- digitalizzatore;
- frequenza di campionamento: > 50 Hz;
- convertitore A/D (analogico digitale) a 24 bit;
- durata registrazione: >15 minuti;
- collegamento al tempo GPS per la referenziazione temporale.

Lo strumento di misura dovrà essere orientato secondo le direzioni geografiche (E e W) e dovrà essere dotato di bolla sferica per il posizionamento mentre l'accoppiamento con la superficie dovrà essere diretto o assicurato con piedini o puntazze in terreni morbidi.

Bisognerà altresì fare attenzione alla presenza di radici, sottoservizi, vicinanza edifici, vento ecc., in quanto creano disturbo nel segnale H/V inducendo una forte perturbazione a bassa frequenza.

Per uno studio di risposta di sito si dovranno effettuare almeno tre misure ognuna di almeno 15-20 minuti per punto, possibilmente in tempi diversi durante la giornata, da cui derivare il valore di frequenza di risonanza.

Per l'elaborazione dei dati si dovrà impiegare un software in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (Site EffectS assessment using Ambient Excitations, 2005).

I principali passi del processing dovranno essere i seguenti:

- FFT (incluso il tapering);
- operatore di smoothing (Konno & Ohmachi);
- merging dei componenti orizzontali;
- H/V Spectral Ratio per ogni finestra utilizzata (>10);

- media degli spettri H/V;
- valutazione della deviazione standard.

Le risultanze dell'elaborazione dovranno essere presentate mediante graficazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di f_0 – Frequenza/e di risonanza e la sua deviazione standard.

La documentazione dovrà contenere:

- i criteri di attendibilità della misura;
- i criteri di validità del picco di f_0 ;
- i valori di soglia delle condizioni di stabilità;
- l'analisi dei criteri in particolare con verifica rispetto alla frequenza del sensore ed alla presenza di rumore di origine industriale;
- l'interpretazione di f_0 e dello spettro H/V nei termini di caratteristiche del sito.
- valutazione dell'omogeneità del sito rispetto alle frequenze di risonanza;
- spessori della coltre di copertura.

3.4 ALTRE METODOLOGIE GEOFISICHE

3.4.1 *Prospezioni geoelettriche*

La prospezione geoelettrica impiega diversi metodi di esplorazione finalizzati alla ricostruzione indiretta del profilo litostratigrafico ed alla individuazione di strutture sepolte in base alle diverse caratteristiche di resistività elettrica del terreno.

I metodi di esplorazione, a seconda della disposizione elettrodica, saranno i seguenti:

- Sondaggi Elettrici Verticali SEV
- Stendimenti dipolo-polari continui
- Profili di resistività

L'attrezzatura comprenderà:

- georesistivimetro digitale con possibilità di blocco lettura, con millivoltmetro digitale (sensibilità massima 0.01 mV) e circuito di azzeramento dei potenziali spontanei e con milliamperometro digitale (sensibilità massima 0.01 mA);
- georesistivimetro con millivoltmetro (sensibilità massima 1 mV f.s.) e circuito di azzeramento dei potenziali spontanei, milliamperometro con scala 1 mA-3 A (precisione

0.1mA f.s.), milliamperometro indipendente con scala 1 mA - 2 A; lo strumento deve poter lavorare con corrente continua e alternata di bassa frequenza;

- generatore di potenza sufficiente all'indagine;
- batteria di energizzazione con pile a secco e/o ricaricabile;
- cavi elettrici ad alto isolamento montati su rulli spalleggiabili;
- elettrodi di corrente in acciaio;
- elettrodi di tensione impolarizzabili, in rame o ceramica;
- apparecchi di ricetrasmisione;
- cavi di collegamento ed accessori.

Per l'esecuzione dei *Sondaggi Elettrici Verticali* si utilizzeranno 4 elettrodi allineati (MN di tensione, AB di corrente), simmetricamente disposti rispetto ad un centro. Nella configurazione di Schlumberger si fissano gli elettrodi MN e partendo da un AB pari a 4 MN si distanziano successivamente gli elettrodotti AB, fino a raggiungere una lunghezza pari a $20 \div 40$ MN. Le due ultime misure di ogni serie verranno ripetute con MN allargato per la serie successiva, e così via per ogni serie, mantenendo sempre fisso il centro dei dispositivi di misura. Si manterranno invece distanze fisse tra AM, MN e NB nel caso di utilizzo della configurazione di prova Wenner. Le esatte modalità di configurazione in fase di prova saranno comunicate alla Direzione Lavori.

In caso di acqua di falda affiorante o subaffiorante, se ne preleveranno alcuni campioni per la definizione in sito della conducibilità. Prima di ogni misura dovrà inoltre essere verificato il valore della resistenza di contatto con il terreno per gli elettrodi AB; si verificherà anche l'eventuale dispersione dei cavi, misurata applicando tensione agli stessi a circuito aperto.

Il valore della differenza di potenziale tra gli elettrodi MN prima della prova dovrà essere verificato ed essere pari a zero.

Per gli *stendimenti dipolo - polari continui*, si dovranno utilizzare 4 elettrodi, denominati MN ed AB; gli elettrodi di tensione MN saranno mantenuti fissi, quelli di corrente AB verranno allontanati con uguale direzione e verso ma mantenuti alla stessa distanza reciproca. Le esatte procedure di prova saranno comunicate alla D.L.

Per i *profili di resistività*, si dovranno utilizzare 4 elettrodi disposti secondo lo schema di un quadripolo AMNB costante, progressivamente spostato lungo un allineamento predefinito per la determinazione delle variazioni laterali delle caratteristiche elettriche dei terreni.

L’esatta configurazione del quadripolo (secondo il dispositivo Wenner o Schlumberger) sarà funzione della profondità che dovrà essere esplorata e sarà comunicata alla Direzione Lavori, insieme alla frequenza con cui eseguire le misure.

La documentazione comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell’operatore);
- cartografia di base scala 1:2000 (o come concordato) con ubicazione delle prove eseguite e dei centri di misura, con indicazione degli azimuth e della quota dei centri di misura;
- tabulazione dei valori di resistività apparente misurati;
- curve di resistività apparente in grafici bilogarithmici;
- copia di tutti i dati raccolti in campagna, dai libretti originali di documentazione;
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative, dei metodi di interpretazione e comprensiva della definizione della resistività elettrica alle diverse profondità e delle unità elettrostratigrafiche evidenziate.

3.4.2 Tomografia elettrica

La tomografia elettrica consiste nella caratterizzazione geoelettrica e dimensionale, con elevato dettaglio, delle strutture presenti lungo sezioni bidimensionali.

L’attrezzatura d’acquisizione dati dovrà essere costituita da:

- *georesistivimetro digitale* in grado di eseguire, via software, le seguenti operazioni principali:
 - misura e memorizzazione della resistenza di contatto degli elettrodi;
 - misura, memorizzazione e azzeramento dei potenziali spontanei;
 - esecuzione di ripetuti cicli di misura e calcolo della “deviazione standard”;
 - possibilità di impostare cicli di misura di durata diversa;
 - risoluzione delle misure di 30 nV;
 - memorizzazione delle misure costituite ognuna dai valori di: resistività, dV, I, dev. Stand. e geometria elettrodi;
- unità di controllo e gestione degli elettrodi (fino a 254);
- cavo multicanale dotato di elettrodi definiti “intelligenti” (smart electrodes) in quanto dotati di una elettronica interna che ne consente l’utilizzo sia come elettrodi di corrente

che di potenziale, oppure cavo multicanale con elettrodi comuni in acciaio inox, rame o ottone per gli strumenti con elettronica totalmente interna alla macchina.

La potenza immessa dal trasmettitore dovrà essere commisurata alla profondità massima da raggiungere; a titolo di esempio si riportano di seguito alcune indicazioni di massima:

- fino a 200 m => 18 W min, 0.5 mA min, ± 200 V min;
- per stendimenti di lunghezza > di 200m => 100 W min, 1 mA min, ± 400 V min.

In ogni caso di norma l'errore tra gli stacks impostati (min 3) non dovrà superare l'1%.

Infine la strumentazione dovrà consentire l'impostazione di almeno 4 finestre temporali per la misura della caricabilità (PI).

La tomografia elettrica deve essere eseguita con una configurazione elettrodica adeguata agli scopi del lavoro con dispositivi Wenner, dipolo-dipolo, Schlumberger, o altro.

In ambito urbano o aperta campagna di norma i dispositivi Wenner e Wenner-Schlumberger sono più adatti ad evidenziare variazioni verticali, mentre il dispositivo dipolo-dipolo è più adatto ad evidenziare variazioni laterali ma presenta un rapporto segnale/rumore più sfavorevole, il dispositivo polo-dipolo presenta un rapporto segnale/rumore migliore e consente inoltre di scendere più in profondità, il dispositivo del gradiente multiplo risulta un buon compromesso tra capacità risolutiva sia in senso laterale che verticale e rapporto segnale /rumore comparabile ai dispositivi Wenner e Schlumberger.

Le resistenze di contatto agli elettrodi dovranno essere verificate prima di iniziare le misure e mantenute tra loro omogenee e più basse possibili.

Si dovranno utilizzare stendimenti base composti da min. 32 elettrodi equispaziati regolarmente lungo il profilo da indagare, con passo che potrà essere compreso tra 0.5 e 40 metri in funzione del dettaglio e della profondità dell'indagine.

Le dimensioni degli elettrodi dovranno variare in funzione delle distanze interelettrodiche in maniera tale da ricadere sempre nella condizione di sorgente puntiforme in relazione all'estensione dello stendimento.

La profondità di indagine prevista sarà calcolata considerando un rapporto di circa 5 a 1 tra lunghezza stendimento e profondità.

Il ricoprimento tra due basi contigue verrà acquisito secondo la modalità del "roll along", ripetuta secondo passo regolare con spostamenti successivi di una porzione (1/3 o 1/4) dello stendimento iniziale.

Ove non sia disponibile adeguata cartografia di base (scala 1:1.000 o 1:2000), la posizione degli elettrodi dovrà essere oggetto di adeguato rilievo planoaltimetrico.

L’elaborazione dei dati procederà secondo due fasi successive:

- ricostruzione di “pseudosezioni” di resistività / caricabilità, previo filtraggio / pulizia tramite l’utilizzo di software di “contouring”;
- calcolo dei valori di resistività reale tramite inversione bidimensionale e sviluppo di un adeguato modello di distribuzione della resistività del sottosuolo mediante software di inversione ad elementi finiti e/o distinti, che dovrà essere in grado di applicare l’eventuale correzione topografica.

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell’operatore);
- planimetrie in scala 1:2.000, 1:5.000 con ubicazione di tutte le stazioni e stese elettriche;
- listati di: voltaggio, corrente, deviazione standard e resistività apparente, per ogni singola misura;
- pseudosezioni di resistività per ogni base unitaria;
- copia dei rapporti giornalieri delle operazioni di campagna;
- risultati dell’inversione e modellizzazione dei dati unitamente al completo data base utilizzato per la valutazione geoelettrica e il calcolo della distribuzione della resistività;
- copia di tutti i dati di campagna e di elaborazione su CD per PC Windows;
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative e dei metodi di interpretazione.

3.4.3 *Prospezioni con georadar*

Consiste nell’analisi delle riflessioni di onde elettromagnetiche trasmesse nel terreno tramite il georadar, noto anche come GPR (*ground penetrating radar*).

L’attrezzatura d’acquisizione dati dovrà essere costituita da:

- Unità di controllo georadar;
- Antenna Trasmittente/Ricevente, con frequenza compresa fra 30 e 3000 MHz in funzione della profondità di investigazione e del dettaglio voluti;
- Ciascuna antenna deve contenere un sistema di marcatura lungo la traccia in modo manuale o tramite encoder a rotella o GPS;
- Notebook con sistema operativo Windows 98/2000/Me/XP;

- Ethernet card 10/100BaseT;
- Batteria con voltaggio pari ad almeno 12 V;
- Set di cavi di collegamento antenna-unità di controllo di lunghezza variabile a seconda del tipo di indagine da effettuare.

Prima di iniziare la prova si dovrà settare lo strumento e calibrare il segnale elettromagnetico, in modo tale che quest'ultimo possa essere sufficientemente amplificato per la profondità che vogliamo raggiungere e per le eventuali stratificazioni presenti nel terreno da indagare.

Per la calibrazione del segnale si dovrà scegliere una zona il più possibile libera da anomalie di permittività.

In presenza di disturbi elettromagnetici causati da sorgenti esterne note, si dovrà filtrare preliminarmente il segnale, con filtri tipo:

- filtro passa-basso (circuito che fa passare in uscita solo le frequenze più basse di un'altra prefissata; la frequenza prefissata, scelta a piacere, viene detta frequenza di taglio);
- filtro passa-alto (circuito che fa passare in uscita solo le frequenze più alte della frequenza di taglio);
- filtro passa-banda (dispositivo passivo che permette il passaggio di frequenze all'interno di un dato intervallo, la cosiddetta banda passante, ed attenua le frequenze al di fuori di esso).

Requisiti minimi per le funzioni di calibrazione del georadar

- Range (ns): Fondoscala variabile in funzione dell'antenna utilizzata;
- Samples: numero di campioni in una traccia;
- Antenna Trasmittente/Ricevente – combinata o separata;
- Guadagno del segnale: poiché il segnale che penetra nel terreno si attenua con la profondità, il guadagno dell'amplificazione del segnale deve aumentare con la profondità stessa. Quindi alla fine della traccia il guadagno di segnale deve essere maggiore di quello iniziale. Il numero di punti per la calibrazione del guadagno deve essere superiore a 5;
- Filtro;
- Stacking: contribuisce alla diminuzione del rumore e di interferenze e all'aumentare del range di profondità. Se lo stacking aumenta, si deve diminuire la velocità con cui si trascina l'antenna per avere una perdita minore di informazione;
- Scan rate: tracce per secondo. Deve essere impostabile il valore;
- Sounding mode – Continuo o a gradino;

- Pulse delay: è un'opzione usata per immettere un segnale entro il range di tempo di risonanza. L'aggiustamento del segnale può venir eseguito sia automaticamente sia manualmente;
- Mode – Sounding/Test: la prima opzione è il modo di ricezione del segnale; la seconda opzione è usata per testare l'unità di controllo per operatività senza antenne connesse;
- Encoder;

Requisiti minimi per le funzioni di elaborazione dati

- Point info: mostra i valori dei parametri Traccia, Posizione, Campione, Tempo di ritardo, Profondità, Ampiezza del punto specifico nel profilo, in considerazione della sua posizione tramite GPS;
- Hyperbola: determina la profondità di fatto del target locale e la permittività del mezzo;
- Average Spectrum: calcolo di un modulo medio di uno spettro di segnale nell'area selezionata;
- Topografia: è una procedura usata per ristrutturare un profilo come una funzione di rilevamento della localizzazione del suono. Si immettono parametri nei punti di mark che dovranno essere espressi in metri per le quote;
- Reverse: permette di rovesciare una traccia, trasponendo il punto di inizio e di fine;
- Background removal: in alcuni casi, un segnale mostra un "background" che si traduce in un profilo nella presenza di linee orizzontali che non variano la loro intensità e la loro posizione tempo e che possono portare a mascherare i veri segnali riflessi;
- Horizontal L-P filter: è un filtro passa basso che opera lungo il profilo nella direzione di movimento dell'antenna. Serve per sopprimere segnali veloci e variabili ma mette in evidenza quelli lenti;
- Horizontal H-P filter: è un filtro passa alto che opera lungo il profilo nella direzione di movimento dell'antenna. Serve per mettere in evidenza segnali che variano rapidamente;
- Filtro passabanda: agisce lungo una traccia e sopprime le interferenze a bassa frequenza e i componenti ad alta frequenza di un segnale;
- Filtro Notch: è usato per eliminare le interferenze a banda ristretta rispetto background di segnale ad ampia banda;
- Controllo automatico del guadagno: è usato per livellare tutti i segnali in una traccia;
- Conversione tempi profondità: dovrebbe essere usata per convertire il profilo tempo iniziale in profilo profondità;
- Flattering: è utilizzato per modificare il profilo iniziale in un profilo con un'interfaccia piatto orizzontale.

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- rilievo topografico della superficie indagata e degli estremi delle strisciate eseguite;
- planimetria in scala adeguata con ubicazione delle strisciate eseguite;
- radargramma di campagna, elaborato a diverse intensità cromatiche, con le distanze (m) in ascisse e i tempi di ascolto (ns) in ordinate;
- radargramma filtrato e interpretazione in funzione delle costanti dielettriche dei mezzi attraversati, con le distanze (m) in ascisse e le profondità (m) in ordinate;
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative, dei metodi di interpretazione e dei risultati dell'indagine.

3.4.4 *Prospezioni gravimetriche/microgravimetriche*

La prospezione gravimetrica ha lo scopo di rilevare, in un'area delimitata, le anomalie del campo gravitazionale terrestre causate dalle variazioni di densità dei corpi prossimi alla superficie terrestre.

Consiste nell'esecuzione di profili gravimetrici tramite l'acquisizione di stazioni intervallate in modo regolare lungo il profilo ed esternamente allo stesso finalizzate alla definizione di unità geologiche caratterizzate da un contrasto di densità.

Le stazioni dovranno essere eseguite a maglia regolare, con distanze dipendenti dalla profondità che si dovrà raggiungere. Per uno studio geologico generale, la maglia sarà costituita da stazioni ogni 50 metri lungo il profilo ed a intervalli ogni 100 metri ai lati del profilo stesso (per un profilo di 10 km si prevedono 220 stazioni sul profilo e 100+100 stazioni esterne al profilo stesso).

Apparecchiature

- Gravimetro tipo Lacoste&Romberg mod. 4 e/o similari;
- Strumenti topografici quali GPS differenziali e/o stazioni distanziometriche con gradiometro

Rilievo topografico

Per ogni singola stazione la chiusura altimetrica sarà di +/- 0.15(L metri)

La pendenza media per un raggio di centro metri sarà acquisita con sistema distanziometrico senza riflettore per cerchi concentrici.

Rilievo gravimetrico

I poligoni di base, collegati alla rete nazionale avranno un errore di chiusura non superiore a 0,015 (N milligal).

Le stazioni di dettaglio avranno un errore di chiusura non superiore a 0,03 (N milligal).

Per ogni stesura sarà applicata la correzione lunisolare e della deriva strumentale.

3.5 *PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO*

3.5.1 *Prove Su Campioni Di Terra*

3.5.1.1 *Prescrizioni generali*

Le analisi di laboratorio geotecnico dovranno seguire il seguente iter:

- a. Ricevimento ed immagazzinamento campioni: identificazione dei campioni, facendo riscontro alle distinte o alle stratigrafie di accompagnamento;
- b. Apertura e descrizione campioni;
- c. Esecuzione dell'attività di laboratorio: l'identificazione derivante dalle fasi a) e b) dovrà seguire il materiale durante l'esecuzione dell'attività di laboratorio;
- d. Elaborazione e documentazione: l'identificazione del campione dovrà essere riportata nel corso dei procedimenti di elaborazione e dovrà comparire nei Certificati Ufficiali dei risultati dell'attività svolta.

Normativa di riferimento:

prEN 1997-2

ASTM D 2488 Description and Identification of soils (Visual Manual Procedure)

Altre normative correlate e utili sono:

D 653 Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids

D 1452 Practice for Soil Investigation and Sampling by Auger Borings

D 1586 Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils

D 1587 Practice for Thin-Walled Tube Sampling of Soils

D 2113 Practice for Diamond Core Drilling for Site Investigation

D 2487 Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)

D 3740 Practice for Minimum Requirements for Agencies Engaged in the Testing and/or Inspection of Soil and rock as Used in Engineering Design and Construction

D 4083 Practice for Description of Frozen Soils (Visual-Manual Procedure)

In generale un campione potrà essere identificato dai seguenti dati:

- denominazione del Committente;
- denominazione della località;
- denominazione del prelievo;
- denominazione del campione;
- profondità di prelievo.

All'atto dell'apertura e della descrizione preliminare del campione sarà cura dei responsabili di laboratorio formulare anche una valutazione delle condizioni del materiale nella prospettiva di poter intraprendere delle prove meccaniche; tale valutazione verrà effettuata sulla base delle modalità di prelievo, di una stima della consistenza del materiale (effettuata, nel caso di materiali coesivi o con sensibile componente coesiva, con l'ausilio anche di strumenti quali il *pocket penetrometer* o il *torvane*), di una definizione dell'omogeneità del materiale (espressa, ove opportuno, asportando le parti più superficiali del campione, notoriamente più danneggiate dalle procedure di prelievo), e di ogni ulteriore considerazione utile per confrontare lo stato del campione con quello del terreno nelle sue condizioni in sito.

I campioni, e specificamente quelli indisturbati o a limitato disturbo, verranno conservati in modo da preservarne le caratteristiche originarie.

All'atto della consegna si verificheranno le condizioni di sigillatura dei campioni stessi e, se necessario, si prenderanno eventualmente gli opportuni provvedimenti per ripristinarle (nel caso si prenderà nota delle operazioni effettuate).

In generale i campioni verranno alloggiati in ambienti a temperatura moderata e ad umidità elevata, con l'eventuale eccezione per quelli rimaneggiati.

E' raccomandato che i campioni siano depositati in un locale con temperatura media dell'ordine di 17÷23°C e con umidità possibilmente non inferiore all'80% o, meglio ancora, in un locale attrezzato a "camera umida".

Lo scopo della climatizzazione è quello di prevenire variazioni di umidità o destrutturazioni del campione dovuti a variazioni di temperatura cruciali ad es. in caso di congelamento (o scongelamento) accidentale.

L'umidità e la temperatura da applicarsi per la conservazione dovrebbero, appunto, mantenere inalterate le condizioni al prelievo. La raccomandazione, in generale corretta, di

conservazione in ambiente con umidità > dell'80% può essere deleteria in presenza di campioni (se non perfettamente sigillati) di terreni rigonfianti.

Gli inconvenienti che si dovranno prevenire sono principalmente quelli qui di seguito sintetizzati:

- significative variazioni del contenuto d'acqua (umidità) che macroscopicamente possono essere denunciate da essiccamento o rammollimento del terreno;
- modificazioni della struttura del terreno; il più frequente è il detensionamento di terreni sovraconsolidati ("firm" or "stiff" clays).
- alterazione della composizione granulometrica del terreno o delle parti di terreno distinguibili.

Di conseguenza è opportuno che l'ambiente in cui vengono effettuate le operazioni di apertura, descrizione, selezione dei materiali e confezione dei provini sia a temperatura moderata, protetto da una forte insolazione e non eccessivamente secco.

Fra l'estrazione del campione e l'inizio delle determinazioni o delle prove programmate, l'intervallo di tempo dovrà essere ridotto al minimo; nel caso in cui il materiale debba necessariamente attendere per essere sottoposto a prova, dovrà essere protetto, o sigillato, ed eventualmente riposto ancora in camera umida.

La selezione delle porzioni di campione e la confezione dei provini dovranno essere eseguite con la massima cautela, in modo da minimizzare il disturbo del terreno.

Infine, anche e specialmente nelle fasi di montaggio delle prove e di avviamento delle prove stesse, si raccomanda di mantenere il terreno nel suo stato originario, segnalando o evidenziando le eventuali variazioni di condizioni dovute alle procedure o alle metodologie adottate, ed evitando ogni tipo di modificazioni incontrollate.

Il laboratorio dovrà rispettare rigorosamente il programma di prove comunicato dall'COMMITTENTE, segnalando l'eventuale impossibilità di esecuzione di alcune prove determinata dallo stato o dalla quantità del campione disponibile.

Tutte le informazioni ricavate dalle prove di laboratorio (descrizione campione e sue caratteristiche, prove di laboratorio effettuate, elaborazione dei risultati, conclusioni) dovranno essere riportate su appositi certificati ufficiali di laboratorio, corredati da eventuale relazione interpretativa.

Oltre ai singoli certificati, relativi alle determinazioni effettuate sullo specifico campione, ogni rapporto tecnico dovrà essere corredato da una tabella riassuntiva del totale delle determinazioni effettuate.

3.5.1.2 Apertura ed estrazione di campione

Apertura e descrizione di campioni indisturbati o a limitato disturbo, alloggiati in fustelle cilindriche.

Estrazione con minimizzazione del disturbo (è raccomandato l'impiego di un estrusore idraulico, se necessaria una notevole spinta) di un campione di terreno alloggiato in fustella cilindrica; scoticatura e ripulitura delle estremità del campione (se opportuna); descrizione geotecnica visiva-manuale del campione; eventuale valutazione della consistenza del materiale mediante *pocket penetrometer* e/o *torvane*; stima delle condizioni del campione; indicazione delle prove previste per il singolo campione (o per le parti di campione eventualmente distinte).

3.5.1.3 Descrizione dei campioni

All'atto dell'apertura dei campioni, si provvederà alla descrizione preliminare dei terreni rappresentati.

Normativa di riferimento:

ASTM D2488; prEN 1997-2, A.G.I. 1963.

-

3.5.1.4 Determinazione dell'umidità del campione

Determinazione del contenuto d'acqua di un terreno.

Normativa di riferimento:

UNI CEN ISO/TS17892-1; ASTM D 2216.

3.5.1.5 Determinazione della massa volumica umida

Determinazione della massa volumica apparente o del peso di volume (densità) mediante fustella tarata.

Normativa di riferimento:

UNI CEN ISO/TS17892-2.

Determinazioni delle condizioni limite di liquidità e di plasticità (congiuntamente) di un terreno.

Normativa di riferimento:

CNR-UNI 10014/1964; UNI CEN ISO/TS 17892-12 (2005).

3.5.1.6 Analisi granulometrica per vagliatura

Determinazione della composizione granulometrica della frazione di terreno trattenuta al vaglio n.200 o n.230 ASTM, eseguita per vagliatura, con trattamento per via umida in fase preliminare o in fase operativa; l’attività comprende anche la preparazione del materiale.

Normativa di riferimento:

CNR-BU N.23; UNI EN 933-1; UNI CEN ISO/TS 17892-4 (2005).

3.5.1.7 Analisi granulometrica per sedimentazione di una terra

Analisi granulometrica della porzione di terreno fine, passante al vaglio n.200 o n.230 ASTM, (se si prescrive la 17892-4 è meglio usare la dizione “0.063 mm”).

Normativa di riferimento:

UNI CEN ISO/TS17892-4; ASTM D 422-63.

3.5.1.8 Determinazione del peso specifico dei grani

Determinazione del peso specifico dei grani solidi costituenti un terreno non grossolano.

Normativa di riferimento:

CNR UNI 10010; CNR-BU n. 64; UNI EN 1936

3.5.1.9 Determinazione dell’equivalente in sabbia

Lo scopo è la determinazione del valore di equivalenza in sabbia della classe granulometrica 0/2 mm negli aggregati fini e misti.

Gli aggregati sono classificati dalla norma UNI EN 12620 come segue:

Tabella 7. Classificazione degli aggregati

Aggregato	Dimensione
Grosso	$D/d \leq 2$ o $D \leq 11.2$ mm

	$D/d > 2$ o $D > 11.2$ mm
Fine	$D \leq 4$ mm e $d = 0$
Naturale 0/8	$D = 8$ mm e $d = 0$
Misto	$D \leq 45$ mm e $d = 0$

Normativa di riferimento:

CNR-BU n.27; UNI EN 933-8.

3.5.1.10 Classificazione di una terra per uso stradale

Classificazione utilizzata per conoscere le caratteristiche di compressibilità, capacità drenante, rigonfiamento, risposta ai cicli di gelo e disgelo, ecc. di un terreno che verrà impiegato come materiale da costruzione per rilevati, sottofondi stradali, ecc..

Normativa di riferimento:

UNI 13242 - UNI 14688-1/2 - UNI 13285; CNR-UNI 10006 USCS (Unified Soil Classification System).

3.5.1.11 Prova di compattazione Proctor

Prova per definire la compattabilità di un materiale, consuetamente denominata tipo Proctor o AASHTO Modificato.

Normativa di riferimento:

UNI EN 13286-2; CNR-BU n.69.

3.5.1.12 Determinazione dell'indice di portanza CBR

Misura la capacità portante di un terreno e fornisce un indice che può essere usato per il dimensionamento degli strati di fondazione e di base delle pavimentazioni stradali flessibili.

Normativa di riferimento:

UNI EN 13286-47; CNR-UNI 10009.

3.5.1.13 Prova di compressione monoassiale (ELL)

Prova di compressione semplice non confinata, per la determinazione della resistenza in termini di sforzi totali.

Normativa di riferimento:

UNI CEN ISO/TS 17892-7 (2005).

3.5.1.14 Prova edometrica a gradini di carico

Utilizzata per determinare, essenzialmente, la comprimibilità di un terreno attraverso l'imposizione di un carico verticale in condizioni di espansione laterale impedita.

Normativa di riferimento:

UNI CEN ISO/TS 17892-5933-8

3.5.1.15 Prova di compressione non consolidata non drenata

Prova triassiale per la determinazione della resistenza in termini di sforzi totali.

Normativa di riferimento:

UNI CEN ISO/TS 17892-8 (2005).

3.5.1.16 Prova di compressione consolidata non drenata

Prova triassiale per la determinazione della resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci.

Normativa di riferimento:

UNI CEN ISO/TS 17892-9 (2005).

3.5.1.17 Prova di compressione consolidata drenata

Prova triassiale per la determinazione della resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci.

Normativa di riferimento:

UNI CEN ISO/TS 17892-8 (2005).

3.5.1.18 Prova di taglio diretto

Prova di taglio diretto per la determinazione della resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci.

Normativa di riferimento:

UNI CEN ISO/TS 17892-10 (2005).

3.5.1.19 Prova di taglio diretto residua

Prova di taglio diretto per la determinazione della resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci e in condizioni residue.

Normativa di riferimento:

UNI CEN ISO/TS 17892-10 (2005).

3.5.1.20 Prova di taglio anulare

Prova di taglio anulare per la determinazione della resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci e in condizioni residue (resistenza "intrinseca").

Normativa di riferimento:

UNI CEN ISO/TS 17892-10 (2005); BS 1377 (1990).

3.5.1.21 Prova di permeabilità in laboratorio

Le misure di permeabilità in laboratorio sono affidabili se il campione si presenta poco disturbato.

Posso essere eseguite a carico costante o a carico variabile. Per campioni ad alta permeabilità è preferibile effettuare prove a carico costante; mentre per campioni a bassa permeabilità è preferibile effettuare prove a carico variabile.

Normativa di riferimento:

UNI CEN ISO/TS 17892-11.

3.5.1.22 Prova di rigonfiamento

Realizzata per la determinazione della pressione, della deformazione e della curva di rigonfiamento.

Normativa di riferimento:

UNI CEN ISO/TS 17892-5.

3.5.1.23 Determinazione della resistenza al gelo per pietre naturali

Si effettua per stimare la capacità di un materiale lapideo di non degradarsi dal punto di vista meccanico sotto l'azione di cicli di gelo e disgelo.

Normativa di riferimento:

UNI EN 12371.

3.5.1.24 Prova di colonna risonante

Consente di stimare il modulo di taglio e lo smorzamento dei terreni al variare della deformazione di taglio imposta. E' usata nei casi in cui il terreno è sottoposto a sollecitazioni dinamiche. Con tale prova non vengono raggiunte le condizioni di rottura.

Normativa di riferimento:

ASTM D4015-2007.

3.5.1.25 Prova triassiale ciclica

Le prove triassiali cicliche consentono la caratterizzazione del comportamento dei terreni sotto carichi ciclici riproducenti le sollecitazioni indotte da sismi, moto ondoso, vibrazioni di macchine rotanti, ecc. trovano impiego per lo studio dei fenomeni di rottura (tra i quali assumono particolare rilevanza quelli di liquefazione delle sabbie) e per valutare l'influenza del livello di deformazione sui moduli dinamici e sullo smorzamento.

Tali prove possono essere spinte fino a rottura ed in tal caso sono finalizzate allo studio dei meccanismi di liquefazione dei terreni incoerenti saturi.

Normativa di riferimento:

ASTM D3999-2011 (Property Test); ASTM D5311-2013 (Load controlled Test).

3.5.1.26 Prova di taglio torsionale ciclico

Permette di determinare il valore del modulo di taglio iniziale a piccoli livelli deformativi; la legge di decadimento del modulo di taglio in funzione dell'ampiezza della deformazione di

taglio; l'andamento del rapporto di smorzamento in funzione dell'ampiezza della deformazione di taglio. Con tale prova di opera in bassa frequenza (< 2 Hz).

Viene applicato al provino, oltre alla sollecitazione di tipo isotropo, un numero prefissato di cicli di carico e scarico di una coppia torcente variabile nel tempo con legge sinusoidale con valori di ampiezza e frequenza scelti dallo sperimentatore. Acquisendo la risposta del provino in termini di rotazione della testa, è possibile determinare la variazione nel tempo della tensione tangenziale e della deformazione di taglio.

3.5.2 *Prove Su Campioni Di Roccia*

3.5.2.1 *Prescrizioni generali*

Per quanto riguarda i criteri di identificazione e di gestione dei campioni e dei materiali si può fare riferimento, nel complesso, a quanto già indicato per i campioni di terre.

E' d'altra parte opportuno segnalare, per quello che concerne le rocce ed i materiali granulari, in particolare quanto segue:

- è raccomandato che la descrizione contenga delle indicazioni circa la natura geologica dei materiali o delle valutazioni sulle caratteristiche geologiche dei materiali;
- le prove meccaniche sono sostanzialmente finalizzate alla determinazione delle proprietà di resistenza;
- nel caso dei materiali granulari le prove meccaniche, da eseguirsi in specifici casi particolari, sono realizzabili solo su provini ricostituiti.

Più in generale è inoltre opportuno segnalare anche che le determinazioni e le prove sono da programmare e da eseguire in funzione del tipo di approccio e di caratterizzazione adottato dal punto di vista progettuale ed appunto di caratterizzazione geotecnica.

Con questo si intende che non è escluso che le determinazioni o le prove specificamente contemplate per le terre oppure per le rocce od ancora per i materiali granulari possano, ove possibile, essere previste e realizzate rispettivamente anche per gli altri tipi di materiali, a seconda del tipo di caratterizzazione ritenuto necessario ai fini della valutazione del comportamento o delle proprietà considerati per i materiali stessi; per fare qualche esempio: sulla "matrice" di materiali rocciosi o granulari possono essere eseguite prove contemplate per le terre; in qualche caso i campioni di rocce "tenere" possono essere trattati come campioni di terreno "duri", e viceversa; per degli elementi grossolani compresi in campioni di terre possono essere programmate prove contemplate per campioni di roccia, ecc.

3.5.2.2 Point Load Test

La prova misura un indice di resistenza I_s portando a rottura dei campioni di roccia con l'applicazione di un carico concentrato a mezzo di due punte coniche, usando una attrezzatura portatile.

Normativa di riferimento:

Raccomandazioni ISRM "SM for Determining Point Load Strength – 1985".

3.5.2.3 Prova di compressione uniassiale

Determinazione del valore di resistenza ultima alla sollecitazione di compressione monoassiale, del modulo di deformabilità e del coefficiente di Poisson, su provini cilindrici rettificati aventi rapporto di snellezza L/D pari a 2.

Normativa di riferimento:

Raccomandazioni ISRM.

3.5.2.4 Prova di compressione triassiale

Determinazione del valore di resistenza ultima e residua alla sollecitazione di compressione triassiale, del modulo di deformabilità e del coefficiente di Poisson, su provini cilindrici rettificati aventi rapporto di snellezza L/D pari circa a 2 e diametro minimo di 60 mm.

Normativa di riferimento:

CNR BU 4/53; ASTM C39; ISRM (1983).

3.5.2.5 Prova di trazione indiretta "Brasiliiana"

Determinazione del valore di resistenza alla trazione su provini cilindrici aventi rapporto di snellezza L/D pari a 0.75.

Normativa di riferimento:

CNR BU n.97; UNI EN 13286-41/42; ISRM Suggested Method for Determining indirect Tensile Strength by the Brazil Test.

3.5.2.6 Prova Los Angeles

Utilizzata per determinare la resistenza alla frammentazione degli aggregati grossi..

Normativa di riferimento:

CNR BU n.34; UNI EN 1097-2.

3.5.2.7 Prova di taglio diretto su giunto

Determinazione del valore di resistenza al taglio, lungo un piano di discontinuità (giunto), sia di picco che residua.

Normativa di riferimento:

Raccomandazioni ISRM.

3.5.2.8 Analisi petrografica sommaria

La prova, rappresentata da un esame petrografico di base utile ad una classificazione generale, viene effettuata su aggregati naturali, sabbia e ghiaia o roccia frantumata.

Normativa di riferimento:

UNI EN 932-3.

3.5.3 Determinazioni Delle Caratteristiche Chimiche E Mineralogiche

3.5.3.1 Contenuto in sostanze organiche

Tale prova viene solitamente effettuata nel caso di studi sulla stabilizzazione a calce. E' utile per escludere la presenza nel terreno di sostanze capaci di ostacolare le reazioni chimiche tra la calce e i materiali argillosi.

Normativa di riferimento:

ASTM D2974; EN 1744-1.

3.5.3.2 Tenore di carbonati

Tale prova viene effettuata per determinare la presenza e la quantità di carbonato in un campione di terra in termini di calcite equivalente.

Normativa di riferimento:

ASTM D4373.

3.5.3.3 Valore di pH

Il pH è determinato per via potenziometrica.

Normativa di riferimento:

ASTM D4972. Metodo potenziometrico.

3.5.3.4 Contenuto di cloruri

Questo metodo consente di misurare la quantità di Sali clorurici solubili in acqua presenti nel terreno.

Normativa di riferimento:

UNI EN 1744/:1999; UNI 8520/12; BS 1377:3, 812:117.

3.5.3.5 Tenore di solfati

Determinazione richiesta, solitamente, sul campione tal quale, interessato dallo studio di stabilizzazione a calce.

Normativa di riferimento:

UNI EN 1744/1:1999; UNI 8520/11. BS 1377:3.

3.5.3.6 Analisi diffrattometrica

Viene effettuata su campioni di roccia polverizzata, mediante utilizzo di raggi X. Tramite tale prova viene investigata la composizione mineralogica dei materiali.

Viene eseguita sul campione tal quale, sulla frazione argillosa non trattata, sulla frazione argillosa trattata con attacco glicolico e sulla frazione argillosa sottoposta a trattamento termico a 60°C.

3.5.3.7 Caratterizzazione delle terre per la determinazione dell'aggressività sui calcestruzzi

Analisi chimica sui terreni per verificare l'eventuale aggressività sul calcestruzzo. Comprende la determinazione dell'acidità Baumann-Gully e dei solfati.

Normativa di riferimento:

UNI EN-1:206

3.5.3.8 Caratterizzazione delle acque per la determinazione dell'aggressività sui calcestruzzi

Analisi chimica sulle acque per verificare l'eventuale aggressività sul calcestruzzo. Comprende l'analisi dei solfati, del PH, dell'anidride carbonica, dell'ammoniaca e del magnesio.

Normativa di riferimento:

UNI EN-1:206.

4 MOVIMENTI TERRA E DEMOLIZIONI

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 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.

4.1 SCAVI

4.1.1 Scotico

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 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.

4.1.2 Scavi di sbancamento

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.

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, palancole, sbatacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle

pareti degli scavi, in accordo con quanto prescritto dai documenti di progetto, ed in conformità alle norme di sicurezza e compensate con i prezzi relativi (sicurezza).

- Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, ecc.) ad evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrato di qualsiasi natura, inclusa, ove necessario, la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o provvisoriamente deviate.
- Segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della D.L., prima di procedere a fasi di lavoro successive o ricoprimenti. In caso d'inosservanza a tale norma la D.L. potrà richiedere all'Impresa di rimettere a nudo le parti occultate, senza che questa abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere o compenso.
- Nel caso di impiego di esplosivi, saranno a carico dell'Impresa:
- il rispetto delle Leggi e normative vigenti, la richiesta e l'ottenimento dei permessi delle competenti Autorità;
- la fornitura di polvere, micce, detonatori, tutto il materiale protettivo occorrente per il brillamento delle mine, compresa l'esecuzione di fori, fornelli, etc;
- mezzi, materiali e personale qualificato occorrente, per l'esecuzione dei lavori nel rispetto delle norme di sicurezza vigenti;
- il coordinamento nei tempi di esecuzione, in accordo al programma di costruzione e nel rispetto dei vincoli e delle soggezioni derivanti dalle altre attività in corso e dalle situazioni 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.

4.1.3 *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.

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 uniaassiale 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 Esecutivo verrà, quindi, verificata in corso d’opera, in contraddittorio con la D.L.

4.1.4 *Sistemazione delle scarpate in trincea*

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.

4.2 RILEVATI

4.2.1 Scotico

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.

4.2.2 Bonifica

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.

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:

- appartenenza ai gruppi A1, A2, A3 (UNI 13242 - UNI 14688 - UNI 13285);
- dopo compattazione, al grado di umidità ottima, corrispondente ad una densità secca non inferiore al 90% della densità massima AASHO modificata, possesso di valori del modulo di deformazione Md, al primo ciclo, determinato con prova di carico su piastra (diametro 30 cm) (rif. CNR 146/92), non inferiori a quelli riportati in tabella 3:

Tab.3 **Modulo di deformazione minimo al primo ciclo di carico**

Modulo deformazione (MPa)	Intervallo di riferimento
----------------------------------	----------------------------------

20	50÷150 kPa (0.05 - 0.15 N/mm ²) sul piano di posa del rilevato posto a 1,00 m da quello della fondazione della pavimentazione stradale
15	50÷150 kPa (0.05 - 0.15 N/mm ²) sul piano di posa del rilevato posto a 2,00 m, o più, da quello della fondazione della pavimentazione stradale

Per altezze di rilevato superiori a 2 m potranno essere accettati valori di Md inferiori a 15 MPa, sempre che sia garantita la stabilità dell'opera e la compatibilità dei cedimenti, sia totali che differenziali, e del loro decorso nel tempo.

Le suddette prescrizioni valgono a meno di diverse, e più restrittive, indicazioni motivate, in sede di progettazione, dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato. Le caratteristiche di deformabilità dovranno essere accertate in modo rigoroso e dovranno essere garantite, anche a lungo termine, nelle condizioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli; si fa esplicito riferimento a quei materiali a comportamento “instabile” (collassabili, espansivi, gelivi, etc.) per i quali la determinazione del modulo di deformazione sarà affidata a prove speciali (edometriche, di carico su piastra in condizioni sature ecc.).

Il conseguimento dei valori minimi di deformabilità sopra indicati sarà ottenuto compattando il fondo dello scavo mediante rullatura, eseguita con mezzi consoni alla natura dei terreni in posto.

A rullatura eseguita la massa volumica in sito dovrà risultare come segue:

- almeno pari al 90% della massa volumica massima AASHO modificata (UNI EN 13286), (CNR 22 - 1972), sul piano di posa dei rilevati;
- almeno pari al 95% della massa volumica massima AASHO modificata (UNI EN 13286), (CNR 22 - 1972), nel corpo del rilevato e sul piano di posa della fondazione della sovrastruttura stradale.

Laddove le peculiari caratteristiche dei terreni in posto (materiali coesivi o semicoesivi, saturi o parzialmente saturi) rendessero inefficace la rullatura e non si pervenisse a valori del modulo di deformazione accettabili e compatibili con la funzionalità e la sicurezza del manufatto, la D.L., sentito il Progettista, potrà ordinare un intervento di bonifica di adeguato spessore, con l'impiego di materiali idonei adeguatamente miscelati e compattati.

Qualora fossero prevedibili cedimenti del piano di posa dei rilevati superiori ai 15 cm, l'Impresa sottoporrà alla D.L. un piano di monitoraggio per il controllo della loro evoluzione. La posa in opera delle apparecchiature necessarie a tale scopo, e il rilevamento dei cedimenti, saranno eseguite a cura dell'impresa, secondo le indicazioni del Progetto Esecutivo ed, eventualmente, della D.L..

In ogni caso l'Impresa, ad avvenuto esaurimento dei cedimenti, dovrà provvedere a reintegrare i maggiori volumi di rilevato per il raggiungimento della quota di progetto.

Qualora i terreni non soddisfino tali requisiti si prevedrà la bonifica con i metodi di seguito descritti.

Bonifica tradizionale

Il terreno in sito, per la parte di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche, dovrà essere sostituito con materiale selezionato, appartenente ai gruppi (UNI 13242 - UNI 14688 - UNI 13285):

- A1, A3 se proveniente da cave di prestito. Nel caso in cui il materiale appartenga al gruppo A3, esso deve presentare un coefficiente di uniformità (D60/D10) maggiore o uguale a 7;
- A1, A2-4 , A2-5, A3, se proveniente dagli scavi. Il materiale appartenente al gruppo A3 deve presentare un coefficiente di uniformità (D60/D10) 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 A2-4 e A2-5, gli strati dovranno avere spessore non superiore a 30 cm (materiale sciolto).

Il modulo di deformazione dello strato bonificato dovrà risultare non inferiore a 20 MPa (nell'intervallo di carico compreso tra 50 e 150 kPa (0.05 e 0.15 N/mm²)).

Nel caso in cui la bonifica debba essere eseguita in presenza d'acqua, l'Impresa dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere costantemente asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa.

Bonifica con stabilizzazione in posto con leganti

In alternativa al punto precedente, laddove le caratteristiche dei materiali presenti in sito al di sotto della quota di fondo dello scotico soddisfino i requisiti di cui al successivo paragrafo, 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.

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/mm²), (CNR 146 - 1992);

- Per altezza di rilevato oltre i 2 metri:

il valore minimo prescritto per l'indice CBR dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 30, con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1,5%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di deformabilità, queste dovranno risultare non minori di 20 MPa, nell'intervallo di carico tra 150÷250 kPa (0.05 - 0.15 N/mm²), (CNR 146 - 1992).

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.

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 <i>(Pressione = 50 kPa; gradiente idraulico $i = 1$)</i>	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 <i>(al 5% di allungamento)</i>	80 J/m ²	EN 10319
Resistenza a trazione <i>(al 5% di allungamento in entrambe le direzioni)</i>	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.

GECOMPOSITO COSTITUITO DA UNA BIOSTUOIA TESSUTA A MAGLIA APERTA AD ALTA RESISTENZA

composta al 100% di fibre vergini di agave o cocco o paglia-cocco biodegradabili, avente massa areica gr/mq 735 e maglia mm 13x13, armata con rete metallica a maglia tipo mm

50x50, tessuta con filo a forte zincatura avente un diametro di 2,4 mm, vivagnata con filo a forte zincatura del diametro di mm 3,00. Il geocomposito è reso solidale in fase produttiva con punti metallici zincati, fornito in rotoli di altezza m 2,00 e fissato al terreno, esclusa la regolarizzazione del piano di posa da solchi e materiale sciolto, con opportuni picchetti di ancoraggio in tondi di ferro ad aderenza migliorata. Compresa fornitura e posa in opera.

Geosintetici per rinforzo del piano di posa

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.

4.2.3 Rilevati tradizionali

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).

Modalità esecutive

Impiego di terre appartenenti ai gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃

Dovranno essere impiegati materiali appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3; il materiale appartenente al gruppo A3 dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D60/D10) maggiore o uguale a 7.

Per l'ultimo strato di 30 cm dovranno essere impiegati materiali appartenenti esclusivamente ai gruppi A1-a e A3 (per le terre appartenenti al gruppo A3 vale quanto già detto in precedenza).

I materiali impiegati dovranno essere del tutto esenti da frazioni o componenti vegetali, organiche e da elementi solubili, gelivi o comunque instabili nel tempo, non essere di natura argillo-scistosa nonché alterabili o molto fragili.

L'impiego di rocce frantumate è ammesso nella restante parte del rilevato, se di natura non geliva, se stabili con le variazioni del contenuto d'acqua e se tali da presentare pezzature massime non eccedenti i 20 cm, nonché da soddisfare i requisiti già precedentemente richiamati.

Il materiale a pezzatura grossa (compreso tra i 7,1 ed i 20 cm) deve essere di dimensioni disuniformi e non deve costituire più del 30% del volume del rilevato; in particolare dovrà essere realizzato un accurato intasamento dei vuoti, in modo da ottenere, per ogni strato, una massa ben assestata e compattata.

Nel caso si utilizzino rocce tufacee, gli scapoli dovranno essere frantumati completamente, con dimensioni massime di 10 cm.

A compattazione avvenuta i materiali costituenti il corpo del rilevato, ad eccezione dello strato terminale, di seguito descritto, dovranno presentare una massa volumica del secco pari o superiore al 90% della massa volumica del secco massima individuata dalle prove di compattazione AASHO Mod. (UNI EN 13286), (CNR 22 - 1972) e un valore del modulo di deformabilità Md al primo ciclo non inferiore a 20 MPa (nell'intervallo di carico compreso tra 50÷150 kPa (0.05 e 0.15 N/mm²), (CNR 146 - 1992).

L'ultimo strato di 30 cm, costituente il piano di posa della fondazione della pavimentazione, dovrà, invece, presentare un grado di costipamento pari o superiore al 95%; il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) dovrà risultare non inferiore a 50 MPa, nell'intervallo compreso tra 50÷150 kPa (0,15 - 0.25 N/mm²) sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale in rilevato.

La variazione di detti valori minimi al variare della posizione all'interno del corpo del rilevato, al termine del costipamento del singolo strato, dovrà risultare lineare.

Su ciascuna sezione trasversale i materiali impiegati per ciascuno strato dovranno appartenere allo stesso gruppo. Le scarpate dovranno avere pendenze corrispondenti a quelle previste in Progetto Esecutivo ed indicate nei relativi elaborati.

La costruzione del rilevato dovrà essere programmata in maniera tale che il cedimento residuo da scontare, terminati i lavori, non sia superiore al 10% del cedimento teorico a fine consolidazione e comunque non superiore ai 5 cm.

Ogniqualevolta i rilevati siano impostati su pendii con acclività superiore al 20%, ultimata l'asportazione del terreno vegetale e fatta eccezione per diverse e più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche progettuali, si dovrà procedere all'esecuzione di una gradonatura con banche in leggera contropendenza (1% - 2%) e alzate verticali contenute in altezza.

Nel caso di allargamento di un rilevato esistente si dovrà sagomare il terreno, costituente il corpo del rilevato sul quale verrà addossato il nuovo materiale, a gradoni orizzontali, adottando le necessarie cautele volte a garantirne la stabilità. Le operazioni andranno condotte procedendo per fasi, in maniera tale da far seguire ad ogni gradone (di altezza massima 50 cm) la stesa del corrispondente nuovo strato di analoga altezza ed il suo costipamento, mantenendo nel contempo l'eventuale viabilità sul rilevato esistente.

L'operazione di gradonatura sarà preceduta dalla rimozione dello strato di terreno vegetale a protezione del rilevato esistente, che sarà accantonato se ritenuto idoneo, o portato a rifiuto, se inutilizzabile.

Anche il materiale di risulta, proveniente dallo scavo dei gradoni al di sotto della coltre vegetale superficiale, sarà accantonato se ritenuto idoneo e riutilizzato per la copertura delle scarpate del nuovo rilevato, o portato a rifiuto se inutilizzabile.

Impiego di terre appartenenti ai gruppi A₂₋₆, A₂₋₇

Le terre appartenenti ai gruppi A2-6 ed A2-7 saranno impiegate, se previsto dal progetto, e solo se provenienti dagli scavi nell'ambito del medesimo cantiere.

Il loro utilizzo è previsto per la formazione di rilevati soltanto al di sotto di 2,0 m dal piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale, previa predisposizione di uno strato anticapillare di spessore non inferiore a 30 cm.

Il grado di costipamento e l'umidità con cui costipare i rilevati formati con materiale dei gruppi in oggetto, dovranno essere preliminarmente determinati e sottoposti alla approvazione della D.L., attraverso una opportuna campagna sperimentale.

In ogni caso lo spessore degli strati sciolti non dovrà superare 30 cm ed il materiale dovrà essere convenientemente disaggregato.

Controlli prestazionali

Se queste terre provengono da formazioni geologiche per le quali la percentuale passante al setaccio ASTM n. 200 non è ritenuta rappresentativa delle reali caratteristiche del materiale, la Direzione Lavori potrà ordinare l'esecuzione di uno specifico campo prove sulla base dei cui esiti, a suo insindacabile giudizio, valutarne le possibilità di riutilizzo, sulla base del possesso dei seguenti requisiti:

- la percentuale di passante al setaccio ASTM n. 200 sia inferiore al 12%;
- sia posta particolare attenzione alla fase di costipamento, soprattutto al contenuto d'acqua nella frazione fine;
- sia utilizzato un rullo con tamburo vibrante e vengano effettuate passate con differente ampiezza della vibrazione (alta inizialmente per il costipamento della parte profonda, più bassa successivamente per gli strati superiori);
- il modulo di deformazione 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 A₄, A₅, A₆, A₇

In fase di progetto, con le modalità descritte al paragrafo specifico, verrà stabilito se le terre provenienti da scavi di sbancamento e di fondazione appartenenti ai gruppi A₄, A₅, A₆, A₇ potranno essere riutilizzate previa stabilizzazione a calce e/o cemento, ovvero conferite ad aree di deposito delle terre di scarto.

Tale lavorazione presuppone, obbligatoriamente, l'esecuzione, nell'ambito del progetto, di uno specifico studio sperimentale, supportato da prove di laboratorio, secondo le modalità descritte in seguito.

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 presso 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.

Stesa dei materiali

La stesa del materiale dovrà essere eseguita con sistematicità, per strati di spessore costante e con modalità e attrezzature atte a evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua.

Durante le fasi di lavoro si dovrà garantire il rapido deflusso delle acque meteoriche conferendo sagomature aventi pendenza trasversale non inferiore al 2%. In presenza di strati di rilevati rinforzati, o di muri di sostegno in genere, la pendenza trasversale sarà contrapposta ai manufatti.

Ciascuno strato potrà essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere certificato mediante prove di controllo l'idoneità dello strato precedente.

Lo spessore dello strato sciolto di ogni singolo strato sarà stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali e delle modalità di compattazione e della finalità del rilevato.

Lo spessore non dovrà risultare superiore ai seguenti limiti:

50 cm per rilevati formati con terre appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3 o con rocce frantumate;

30 cm per rilevati eseguiti con terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7.

Per i rilevati delimitati da opere di sostegno rigide o flessibili (quali gabbioni) sarà tassativo che la stesa avvenga sempre parallelamente al paramento esterno.

La compattazione potrà aver luogo soltanto dopo aver accertato che il contenuto d'acqua delle terre sia prossimo ($\pm 1,5\%$ circa) a quello ottimo determinato mediante la prova AASHO Modificata (UNI EN 13286).

Se tale contenuto dovesse risultare superiore, il materiale dovrà essere essiccato per aerazione; se inferiore, l'aumento sarà conseguito per umidificazione e con modalità tali da garantire una distribuzione uniforme entro l'intero spessore dello strato.

Le attrezzature di costipamento saranno lasciate alla scelta dell'Impresa ma dovranno comunque essere atte ad esercitare sul materiale, a seconda del tipo, un'energia costipante tale da 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/m³ di materiale compattato. La D.L. prescriverà il quantitativo di cemento in funzione della granulometria del materiale da impiegare.

La miscela dovrà essere compattata fino al 95% della massa volumica del secco massima, ottenuta con energia AASHO Modificata (UNI 13286), (CNR 22 - 1972), procedendo per strati di spessore non superiore a 30 cm.

Tale stabilizzazione a cemento dei rilevati dovrà interessare una zona la cui sezione, lungo l'asse stradale, sarà a forma trapezoidale avente la base inferiore di 2,00 m, quella superiore pari a 2,00 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.

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.

4.2.4 Rilevati in terra stabilizzata con leganti

Vengono realizzati con terre provenienti dagli scavi del medesimo cantiere i cui materiali soddisfino i requisiti di idoneità al trattamento.

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 A6- A7, 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 A2-6 e A2-7) 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.

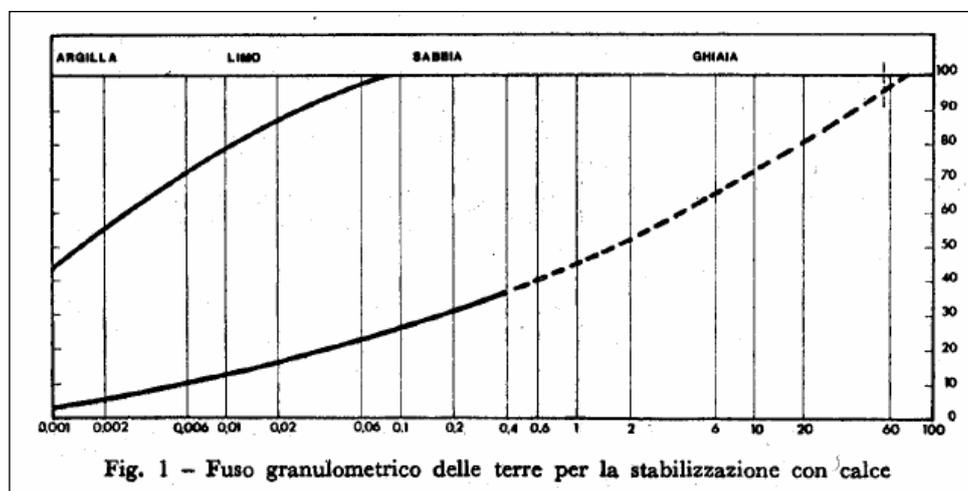


Fig. 1 - Fuso granulometrico delle terre per la stabilizzazione con calce

La loro curva granulometrica deve rientrare nel fuso appresso riportato (CNR 36 - 1973):

il diametro massimo degli elementi viene definito in funzione dell’impiego della miscela (CNR n.36 - 1973).

Le terre impiegate non dovranno presentare un contenuto di sostanza organica superiore al 2%.

La D.L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione siano tali da indicare che percentuali più elevate di sostanza organica garantiscano comunque i requisiti di resistenza, indeformabilità e durabilità richiesti.

Le terre impiegate non dovranno avere un contenuto di solfati superiore all’1%.

La D.L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione siano tali da indicare che percentuali più elevate di solfati garantiscano comunque i requisiti di resistenza richiesti.

La calce idrata dovrà essere conforme alle norme per l’accettazione delle calce di cui alle disposizioni vigenti.

Il valore di VB nella prova del blu di metilene dev’essere > di 200 centimetri cubi di soluzione (10 g/l) di per 100 grammi della frazione di terra passante al setaccio da 0,25 mm UNI 2332, determinato in conformità alla Norma UNI-EN 933-9;

Il valore CIC, determinato secondo norma ASTM C977-92, deve essere maggiore dell’1,5% come verifica di idoneità, dove per CIC, si intende il consumo iniziale di calce ovvero della quantità di calce necessaria per soddisfare le reazioni immediate terra-calce, in relazione alla capacità di scambio cationico dei minerali d’argilla.

E’ indispensabile che, in fase di progetto, la previsione di stabilizzazione con calce di terre sia supportata da uno studio sperimentale, basato su una serie di prove di laboratorio geotecnico, di seguito elencate, per verificare sia l’idoneità al trattamento con calce, sia l’indicazione della miscela di progetto, espressa in tenore percentuale di calce.

Tab.4 Caratteristiche di idoneità alla stabilizzazione a calce

Proprietà	Valori ammissibili
Gruppo di appartenenza	A ₆ - A ₇ con 10 ≤ IP ≤ 50
	A ₂₋₆ e A ₂₋₇ passante al setaccio 0.4 UNI ≥ 35%
S.O.V.	≤ 2%
Contenuto in solfati	≤ 1%

VB	>200
CIC	> 1.5%

A. Prove sul materiale prima del trattamento

Su campione rimaneggiato (da pozzetto geognostico)

- Analisi granulometrica;
- Limiti di Atterberg;
- Valore al Blu di Metilene;
- Tenore in sostanze organiche;
- Tenore in solfati;
- Consumo iniziale di calce (C.I.C.);
- Prova di costipamento Proctor modificata;
- Prova di resistenza al punzonamento CBR non imbibito;
- Prova di resistenza al punzonamento CBR dopo imbibizione per 96 ore.
- Su campione indisturbato(eventuale)
- Prova di compressione semplice;
- Prova di compressione edometrica.

Una volta verificata l' idoneità del terreno alla stabilizzazione, devono essere eseguite le prove sulle miscele terra-calce, a seguito delle quali, da una valutazione congiunta dei risultati, verrà individuata la miscela ottimale da utilizzare.

B. Prove sulla miscela terra – calce

La percentuale di calce viva va valutata a partite dal CIC + 0.5% in su, per tre diverse miscele.

Per ogni miscela, dopo 1 e 14 gg, almeno, di maturazione, vanno determinati:

- Limiti di Atterberg;
- Analisi granulometrica;
- Classificazione UNI 13242-UNI 14688-UNI 13285;
- Prova di costipamento Proctor modificata (UNI EN 13286);
- CBR (UNI EN 13286) senza maturazione;
- CBR dopo maturazione a 7 giorni e 28 giorni ed imbibizione per 96 ore (CNR UNI 10009);

- Prova di compressione monoassiale ad espansione laterale libera (ELL) (ASTM 2166), dopo maturazione a 7 giorni;
- Prova di compressione edometrica.

Il valore dell'indice CBR deve risultare in ogni caso adeguato alla specifica destinazione del materiale.

Esso dovrà essere determinato dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua, seguendo la procedura indicata nella norma CNR -UNI 10009.

Le curve dell'indice CBR, delle caratteristiche di costipamento ottenute con energia AASHO Modificata (UNI EN 13286) e della resistenza a compressione, dovranno essere tracciate in base ai risultati su miscele sperimentali con diversi tenori di calce, permettendo di definire come variano con la quantità di calce i valori massimi dell'indice CBR, della massa volumica del secco, i corrispondenti valori di umidità ottima e l'eventuale resistenza a compressione.

Noti questi valori, verrà definita, di volta in volta, la composizione preventiva della miscela di progetto in modo che:

- il suo tenore in acqua sia non inferiore a quello che si avrà operando nelle condizioni di cantiere di una miscela di pari contenuto in calce;
- il suo tenore in calce sia sufficiente a garantire che la miscela presenti le caratteristiche di portanza, costipabilità e stabilità richieste nel progetto.

Terra stabilizzata a cemento

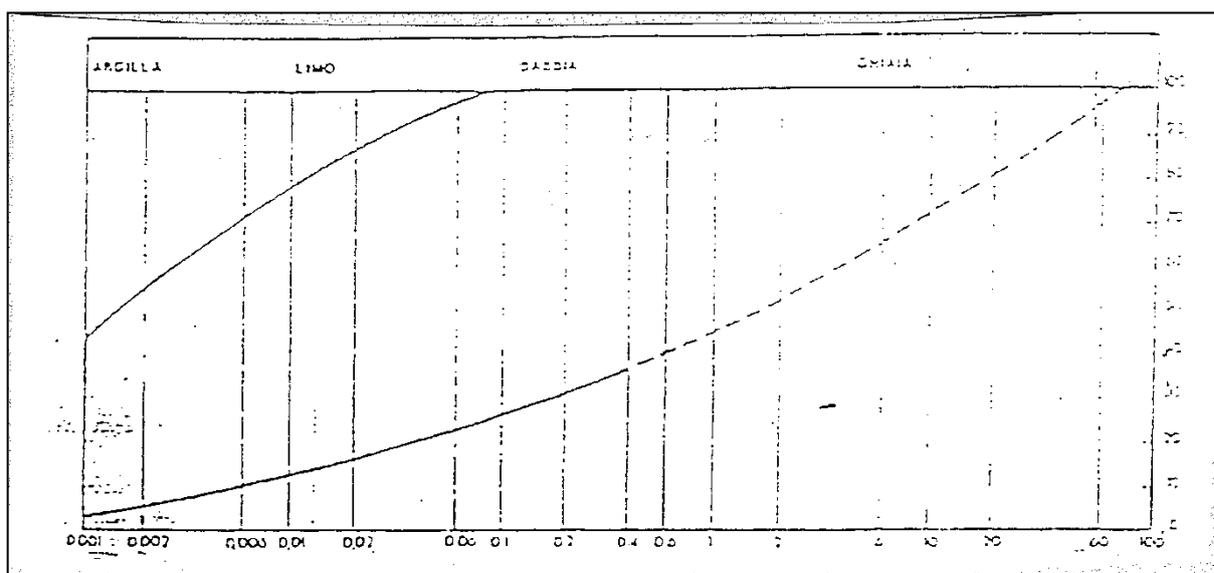
La terra stabilizzata a cemento è una miscela composta da terra, cemento e acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche fisico-chimico e meccaniche della terra onde ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo costipamento, risultino di adeguata capacità portante, di 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:

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO



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 AASHTO 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.

Piano di appoggio della sovrastruttura (sottofondo)

Il valore minimo prescritto per l'indice CBR all'umidità ottima (CNR-UNI 10009) dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 60, con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di deformabilità, queste dovranno risultare non minori di 50 MPa (CNR 146 - 1992), nell'intervallo di carico tra 0.15 - 0.25 N/mm².

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.

Modalità di lavorazione

La stabilizzazione dei terreni con leganti implica il miglioramento delle caratteristiche della terra; i requisiti di idoneità della miscela ottenuta verranno accertate mediante prove di resistenza a compressione o prove di carico, e qualsiasi altra prova necessaria.

I procedimenti di riabilitazione o di stabilizzazione dei terreni argillosi con calce potranno avvenire con trattamento in sito (impianti mobili) oppure predisponendo le miscele da porre in opera in adeguati impianti fissi; comunque la miscela, una volta stesa, dovrà presentarsi uniformemente mescolata ed opportunamente umidificata secondo l'umidità ottima determinata mediante la relativa prova di laboratorio, e comunque non maggiore dell'1.5% dell'ottimo indicato nel progetto della miscela.

La suddetta umidità dovrà essere determinata a miscela posta in opera e sarà determinata in sito mediante metodologie rapide definite dalla D. L..

Inoltre tale umidità dovrà essere mantenuta costante sino al termine delle operazioni di posa in opera.

Il singolo strato non dovrà avere spessore superiore ai 30 cm.

Tutti i processi dovranno comunque essere preventivamente approvati dalla D.L. e dovranno essere realizzati dall'Impresa sotto le disposizioni della stessa D.L..

Il trattamento in sito, eseguito sotto il controllo e le direttive della D.L., dovrà prevedere le seguenti fasi operative:

- scarificazione ed eventuale polverizzazione con ripper di motolivellatrici o con lame scarificatrici ed erpici a disco;
- spandimento del cemento in polvere mediante adatte macchine spanditrici; tale spandimento dovrà essere effettuato esclusivamente su quella porzione di terreno che si prevede di trattare entro la giornata lavorativa; si dovrà impedire a qualsiasi macchinario, eccetto quello necessario che verrà impiegato per la miscelazione, di attraversare la porzione di terreno sulla quale è stato steso il legante, fino a quando questo non sia stato miscelato con il terreno.
- Il quantitativo necessario al trattamento dell'intero strato sarà distribuito in maniera uniforme sulla superficie ed in maniera da risultare soddisfacente al giudizio della D.L.;
- mescolazione con adeguati mescolatori ad albero orizzontale rotante. Il numero di passate dipende dalla natura del suolo e dal suo stato idrico. Si dovrà inoltre garantire un adeguato periodo di maturazione della miscela, da determinarsi di volta in volta a seconda della natura dei terreni.

L'Impresa dovrà garantire una adeguata polverizzazione della miscela, che si considera sufficiente quando l'80% del terreno, ad esclusione delle porzioni lapidee, attraversa il setaccio 4 UNI (apertura di 4,76 mm).

Nel caso in cui le normali operazioni di mescolazione non dovessero garantire questo voluto grado di polverizzazione, l'Impresa dovrà procedere ad una preventiva polverizzazione della terra, affinché si raggiungano tali requisiti nella 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 sì che il materiale in oggetto venga costipato prima dell'inizio della presa del legante.

Nella stabilizzazione a cemento, dopo il costipamento, si dovrà predisporre un adeguato strato di protezione per la maturazione, evitando di disturbare lo strato nella fase di presa per almeno 24 ore.

Le operazioni di trattamento e posa in opera della terra stabilizzata dovranno essere effettuate in condizioni climatiche tali da garantire il voluto contenuto di acqua determinato attraverso la campagna sperimentale preliminare, ed inoltre si richiede per la posa in opera una temperatura minima di 7 °C.

Al termine della giornata di lavoro, e comunque in corrispondenza delle interruzioni delle lavorazioni, si dovrà predisporre, in corrispondenza della parte terminale dello strato, una traversa al fine di far sì che anche porzione risulti soddisfacentemente costipata nonché livellata.

Il trattamento effettuato con adeguati impianti fissi o mobili dovrà essere approvato preventivamente dalla D.L., la quale potrà intervenire con opportune direttive, variazioni e/o modifiche durante la posa in opera dei materiali.

Sistemazione delle scarpate in rilevato

Si dovrà garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate mediante la stesa di uno strato di terreno e di idonea copertura vegetale. Nel primo caso, si applicherà uno strato di 30 cm di spessore, da stendere a cordoli orizzontali opportunamente costipati seguendo dappresso la costruzione del rilevato e ricavando gradoni di ancoraggio. Nel caso in cui il rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso, tali gradoni non saranno necessari.

Il terreno vegetale deve essere tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso, seminato tempestivamente, con essenze corrispondenti a quelle previste in Progetto, scelte per ottenere i migliori risultati in relazione al periodo operativo ed alle condizioni locali.

La semina dovrà essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

Non è consentita l'applicazione, a partire dalle scarpate del rilevato, di elementi vegetali (talee, astoni, specie erbacee a radicamento profondo) che, penetrando all'interno del corpo del rilevato, possano pregiudicarne la stabilità e la necessaria integrità strutturale.

Nel caso di sospensione della costruzione del rilevato, l'Impresa sarà tenuta ad adottare ogni provvedimento volto ad evitare infiltrazioni di acque meteoriche nel corpo dello stesso. Allo scopo, le superfici, ben livellate e compattate, dovranno risultare sufficientemente chiuse e presentare pendenza trasversale non inferiore al 4%.

Alla ripresa delle lavorazioni, la parte di rilevato già eseguita dovrà essere ripulita dalle erbe e dalla vegetazione in genere che vi si fosse insediata, dovrà inoltre essere aerata, praticandovi dei solchi per il collegamento dei nuovi materiali come quelli precedentemente impiegati e dovranno essere ripetute le prove di controllo della compattazione, della deformabilità e delle caratteristiche prestazionali.

Qualora lungo le scarpate dovessero comunque manifestarsi erosioni di sorta, l'impresa dovrà provvedere al restauro delle zone ammalorate a sua cura e spese e secondo le disposizioni impartite di volta in volta dalla D.L..

Se nei rilevati avvenissero cedimenti dovuti a trascuratezza delle buone norme esecutive, l'Appaltatore sarà obbligato ad eseguire a sue spese i lavori di ricarica, rinnovando, ove occorre, anche la sovrastruttura stradale.

4.2.5 *Rilevati in terra rinforzata*

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 A1 e A3; il materiale appartenente al gruppo A3 dovrà presentare un coefficiente di uniformità maggiore o uguale a 7, e comunque con pezzatura massima non superiore a 71 mm, A2-4 e A2-5.

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/m³.

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.

Elementi di Rinforzo - Terra rinforzata Verde

La struttura di sostegno in terra rinforzata con paramento rinverdibile è realizzata in elementi marcati CE in accordo con la ETA 13/0295 per gli specifici impieghi come “sistemi in rete metallica per il rinforzo del terreno per opere di sostegno”. La struttura è costituita da elementi di armatura planari orizzontali, larghi 3.0 m, in rete metallica a doppia torsione, realizzati 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 dal Consiglio Superiore LL.PP. (n.69/2013), ed in accordo con la UNI EN 10223-3:2013.

La rete metallica a doppia torsione deve essere realizzata con maglia esagonale tipo 8x10 (UNI-EN 10223-3), tessuta con filo in acciaio trafilato, avente un diametro pari 2.70 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), conforme all’EN 10244-2 (Classe A) con un quantitativo non inferiore a 245 g/mq. Oltre a tale trattamento il filo sarà ricoperto da un rivestimento di materiale plastico che dovrà avere uno spessore nominale di 0.5 mm, portando il diametro esterno al valore nominale di 3.70 mm. La resistenza del polimero ai raggi UV sarà tale che a seguito di un’esposizione di 4000 ore a radiazioni UV (secondo ISO 4892-2 o ISO 4892-3) il carico di rottura e l’allungamento a rottura non variano in misura maggiore al 25%.

La resistenza a trazione della rete dovrà essere non inferiore a 50 kN/m (test eseguiti in accordo alla UNI EN 10223-3:2013).

La rete una volta sottoposta al 50% del carico massimo a rottura per trazione 25 kN/m, non dovrà presentare rotture del rivestimento plastico del filo all’interno delle torsioni.

Capacità di carico a punzonamento della rete dovrà essere non inferiore a 65 kN (test eseguiti in accordo alla UNI 11437).

La rete deve presentare una resistenza a corrosione in SO₂ (0,2 dm³ SO₂ per 2 dm³ acqua) tale per cui dopo 28 cicli la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 6988).

La rete deve presentare una resistenza a corrosione in test in nebbia salina tale per cui dopo 6000h la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 9227).

Ogni singolo elemento è provvisto di barrette di rinforzo galvanizzate con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), con un quantitativo non inferiore a 265 g/mq e plasticate, aventi diametro pari a 3.40/4.40 mm e inserite all'interno della doppia torsione delle maglie, in corrispondenza dello spigolo superiore ed inferiore del paramento. Il paramento in vista sarà provvisto inoltre di un elemento di irrigidimento interno assemblato in fase di produzione in stabilimento, costituito da un pannello di rete elettrosaldato con diametro non inferiore a 6 mm e da un idoneo ritentore di fini. Il paramento sarà fissato con pendenza variabile, per mezzo di elementi a squadra realizzati in tondino metallico e preassemblati alla struttura. Gli elementi di rinforzo contigui saranno posti in opera e legati tra loro con punti metallici meccanizzati galvanizzati con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%) classe A secondo la UNI EN 10244-2, con diametro 3.00 mm e carico di rottura minimo pari a 1700 MPa.

Il Sistema Qualità della ditta produttrice dovrà essere inoltre certificato in accordo alla ISO 9001:2008 da un organismo terzo indipendente. Il Sistema di Gestione Ambientale della ditta produttrice dovrà essere inoltre certificato in accordo alla ISO 14001:2004 da un organismo terzo indipendente.

Le lunghezze dei rinforzi sono riportate negli elaborati grafici di dettaglio e nei tabulati di dimensionamento allegati.

Elementi di Rinforzo - Geogriglia monodirezionale ad alta resistenza

Fornitura e stesa di geogriglia costituita da un nucleo di filamenti di poliestere ad alta tenacità densamente raggruppati, paralleli e perfettamente allineati, racchiusi in una guaina protettiva di resina annegati in una massa di polietilene (LLDPE) a forma di nastro di larghezza compresa tra i 24 ed i 33 mm. La griglia sarà costituita dalla saldatura di nastri costituiti secondo le caratteristiche suddette, aventi resistenza longitudinale e trasversale variabile, con maglia vuota. Le caratteristiche minime di seguito riportate dovranno essere certificate da ente governativo (BBA o assimilabile) certificante esterno qualificato:

resistenza a trazione trasversale kN/m 5

resistenza a trazione longitudinale kN/m 200 o 300

resistenza a trazione singolo nastro longitudinale kN 15 o 54

allungamento a rottura nella direzione longitudinale $\leq 11\%$

allungamento max sulla curva dei 114 anni (1.000.000 h) al 40% del NBL <6%

deformazione viscosa residua post-costruzione tra la curva a 24 h e quella a 1.000.000 h non superiore all' 1% per carichi di esercizio compresi tra il 40 ed il 60% della resistenza nominale a breve termine; il coefficiente riduttivo del "creep" a 20°C per opere permanenti di 100 anni deve risultare non superiore a 1.39 corrispondente al 72% del carico di rottura nominale del prodotto la griglia dovrà risultare idonea all'impiego in ambienti basici con ph pari a 11 con coefficiente ambientale riduttivo per opere permanenti con tempo di ritorno di 120 anni a 20°C non superiore a 1.17.

Il materiale dovrà essere sottoposto alla DL per approvazione accompagnato dalla scheda tecnica, la documentazione CE relativa secondo norma relativa alle applicazioni di rinforzo, certificazione ISO 9001 del produttore e fornitore, polizza assicurativa RC prodotto per danni contro terzi per massimale non inferiore a 10 milioni di Euro (validità decennale come da DPR 224/1988 art. 14) con sottolimito di 2.6 milioni di Euro per il danno da inquinamento ambientale accidentale; la non presentazione della presente documentazione implica la non accettazione del prodotto.

Il materiale sarà steso manualmente avendo cura di evitare la formazione di ondulazioni o grinze in conformità alle istruzioni di posa del fornitore ed in accordo alla EN 14475.

Le lunghezze dei rinforzi sono riportate negli elaborati grafici di dettaglio e nei tabulati di dimensionamento allegati.

Requisiti richiesti per il Rilevato strutturale

Per quanto riguarda le caratteristiche del terreno di riempimento, dovranno essere impiegati esclusivamente materiali appartenenti ai gruppi A1 e A3; il materiale appartenente al gruppo A3 dovrà presentare un coefficiente di uniformità maggiore o uguale a 7, e comunque con pezzatura massima non superiore a 71 mm, A2-4 e A2-5.

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/m³.

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.

Istruzioni operative per la realizzazione del rilevato strutturale (e della facciata)

Posa degli elementi di rinforzo

Il piano di posa dovrà essere predisposto fino a raggiungere la quota d'imposta del primo elemento di Terra rinforzata da eseguire, secondo le indicazioni riportate negli elaborati di progetto.

Si dovrà provvedere innanzitutto al taglio delle piante e alla estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti ecc, il terreno dovrà quindi essere adeguatamente rullato e compattato fino ad ottenere le caratteristiche previste nel capitolato.

Il piano di fondazione dovrà essere regolare idoneo per la posa e compattazione del primo strato di riporto con ottenimento dei requisiti richiesti.

Non si dovrà operare in presenza di ristagni d’acqua o con terreni rammolliti, ne in presenza di elevato contenuto organico (nell’eventualità questi dovranno essere bonificati, per completa sostituzione).

Nel caso in cui il piano di posa si trovi localmente depresso, in condizioni favorevoli ai ristagni d’acqua, si dovrà eseguire delle canalette di scolo laterale in pendenza con adeguato recapito.

Prima si eseguirà il primo riporto occorre eseguire almeno 2-3 passate con un rullo liscio.

Ogni qualvolta i rilevati dovranno poggiare su declivi con pendenza superiore al 20%, ultimata l’asportazione del terreno vegetale e fatta eccezione per diverse e più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si dovrà provvedere all’esecuzione di una gradonatura con banche in leggera contropendenza (tra 1% e 2%) e alzate verticali contenute in altezza.

TMV

Gli elementi Terra rinforzata dovranno essere posti in opera per strati costanti, secondo le modalità di seguito riportate.

Apertura e predisposizione dell’elemento Terra rinforzata avendo cura di stendere il telo di rinforzo eliminando le linee di piegatura preformate in fase di produzione e mettere in posizione gli elementi.

Posizionamento degli elementi a squadra per dare l’inclinazione al paramento. Per l’assemblaggio e la legatura degli elementi, è necessario essere provvisti di pinze e tenaglie e di una graffatrice tipo pneumatico, con alimentazione ad aria compressa (6-8 bar). In generale, per le operazioni di legatura per una continuità strutturale, si consiglia un intervallo tra punto e punto massimo di 20 cm.

Riempimento della parte a tergo del paramento manualmente con terreno vegetale che subirà una compattazione “leggera” per permettere l’attecchimento della vegetazione

Riempimento degli elementi di rinforzo in rete con materiale idoneo, fino a formare uno strato di spessore di 300 mm;

Compattazione del materiale posto in opera mediante rullatura, secondo le indicazioni successivamente riportate;

Ripetizione delle azioni 1 e 2 fino a completamento dell’elemento Terra rinforzata

Risagomatura del piano di posa per l’esecuzione dell’elemento Terra rinforzata successivo.

Condizioni climatiche

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). Nella esecuzione di rilevati con terre ad elevato contenuto della

frazione coesiva dovranno essere tenuti a disposizione anche dei rulli gommati che permettano la chiusura della superficie dell'ultimo strato in caso di pioggia.

Eventuali Rilevati di prova

Quando prescritto dalla Direzione Lavori, l'Impresa procederà alla esecuzione dei rilevati di prova.

In particolare si potrà fare ricorso ai rilevati di prova per verificare l'idoneità di materiali diversi da quelli specificati nei precedenti capitoli.

Il rilevato di prova consentirà di individuare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali messi in opera, le caratteristiche dei mezzi di compattazione (tipo, peso, energie vibranti) e le modalità esecutive più idonee (numero di passate, velocità del rullo, spessore degli strati, ecc.), le procedure di lavoro e di controllo cui attenersi nel corso della formazione dei rilevati.

Prove di controllo

Prima che venga messo in opera uno strato di terreno nel rilevato rinforzato, quello precedente dovrà essere sottoposto alle prove di controllo e possedere i requisiti di costipamento richiesti.

La frequenza delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come indicativa e potrà essere diminuita o aumentata, secondo quanto prescritto dalla Direzione Lavori in considerazione della maggiore o minore omogeneità granulometrica dei materiali portati a rilevato e della variabilità nelle procedure di compattazione.

L'Impresa dovrà eseguire le prove di controllo nei punti indicati dalla Direzione Lavori ed in contraddittorio con la stessa.

L'Impresa potrà eseguire le prove di controllo o in proprio o tramite un laboratorio esterno comunque approvato dalla Direzione Lavori.

La serie di prove sui primi 5000 mc. potrà essere effettuata una sola volta a condizione che i materiali mantengano caratteristiche omogenee e siano costanti le modalità di compattazione.

In caso contrario la Direzione Lavori potrà prescrivere la ripetizione della serie.

Le prove successive devono intendersi riferite a quantitativi appartenenti allo stesso strato di rilevato.

TIPO DI PROVA	PRIMI 5000 m3 Ripetere la prova ogni (m3)	SUCCESSIVI m3
Classif. CNR - UNI 10006	2000	5000
Costipazione . AASHTO Mod. CNR	2000	5000
Densità in sito CNR 22	250	1000
Carico su piastra CNR 9 - 70317	1000	5000

Controllo umidità	*	*
-------------------	---	---

* Frequenti e rapportate alle condizioni meteorologiche locali ed alle caratteristiche di omogeneità dei materiali costituenti il rilevato

Modalità esecutive – Compattazione

Prevedendosi l'uso di rinforzi (metallici, con l'impiego di geotessili, ecc.) per i materiali impiegati dovranno essere preliminarmente verificate le concentrazioni dei seguenti composti o parametri e la loro rispondenza ai limiti di seguito indicati:

Composto/Parametro	Valori limite
Contenuto in sali	
Solfuri	Assenti
Solfati, solubili in acqua	< 500 mg/kg
Cloruri	< 100 mg/kg
pH	Tra 5 e 10
Resistività elettrica	> 1.000 $\Omega \cdot \text{cm}$ per opere all'asciutto
	>3.000 $\Omega \cdot \text{cm}$ per opere immerse in acqua

La compattazione di detti materiali dovrà risultare tale da garantire una massa volumica del secco, misurata alla base di ciascuno strato, non inferiore al 95% della massa volumica del secco massima individuata mediante la prova 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/mm².

Le caratteristiche dei mezzi di compattazione, nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza) devono essere tali da garantire la prevista densità finale del materiale.

In ogni modo, deve ritenersi esclusa la possibilità di compattazione con pale meccaniche. Nel caso in cui lo sviluppo planimetrico dei manufatti sia modesto e gli spazi di lavoro disponibili siano esigui, si useranno mezzi di compattazione leggeri, quali piastre vibranti e costipatori vibranti azionati a mano.

La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme. A tale scopo, i mezzi dovranno operare con sistematicità lungo

direzioni parallele, garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente pari al 10% della larghezza del mezzo costipante. La compattazione a tergo delle opere eseguite dovrà essere tale da escludere una riduzione dell’addensamento e nello stesso tempo il danneggiamento delle opere stesse. In particolare, si dovrà fare in modo che i compattatori a rullo operino ad una distanza non inferiore a 0,50 m dal paramento esterno, e procedere quindi ad una successiva compattazione della porzione di terreno posta ad una distanza inferiore a 0,50 m dal paramento con macchine operatrici di tipo portatile (“rana compattatrice” o piastra vibrante). Questo procedimento garantisce che non possano essere generate deformazioni locali indotte dal passaggio o urto meccanico dei mezzi contro i componenti del sistema. In ogni caso, nel caso di danni causati dalle attività di cantiere o dovuti ad eventi meteorologici durante la costruzione, si dovrà provvedere al ripristino delle condizioni iniziali.

La costruzione dei rilevati in presenza di gelo o di pioggia persistenti non sarà consentita in linea generale, tranne per quei materiali meno suscettibili all’azione del gelo e delle acque meteoriche (es. ghiaia).

Le operazioni di compattazione, il tipo, le caratteristiche dei mezzi di compattazione, nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza) devono 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. Ogni strato sarà messo in opera con un grado di compattazione pari al 95% del valore fornito dalle prove Proctor (ASTM D 1557). Compaction of structural Soil shall be $\geq 95\%$ determined by ASTM D 1557.

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% 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 m 0.50 dal paramento esterno, e procedere quindi ad una successiva compattazione con “rana compattatrice” o piastra vibrante della porzione di terreno posta ad una distanza inferiore a 0,50 m dal paramento.

Questo procedimento consente di non generare deformazioni locali indotte dal passaggio o urto meccanico dei mezzi contro i componenti del sistema. Durante la costruzione, nel caso di danni causati dalle attività di cantiere o dovuti ad eventi meteorologici si dovrà provvedere al ripristino delle condizioni iniziali.

4.3 *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.

4.3.1 *Dreni prefabbricati*

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.

Modalità esecutive

Caratteristiche dei nastri prefabbricati

Il nastro drenante prefabbricato dovrà avere caratteristiche rese note dalla certificazione ufficiale del Produttore, preventivamente trasmesse alla D.L. ed approvate dalla medesima.

Sono ammessi nastri con involucro filtrante in tessuto non tessuto o carta con anima in PVC, polietilene o polipropilene, oppure nastri in cui anima ed involucro siano ugualmente costituiti da materiali plastici.

In ogni caso, i nastri prefabbricati dovranno garantire una durata nel tempo adeguata alle necessità di Progetto ed in ogni caso non inferiore a 3 anni di esercizio, una portata di scarico assiale non inferiore a 100 m³/anno (con gradiente idraulico unitario e con l'applicazione all'involucro filtrante di una pressione normale totale pari a 300 kN/m²) ed un coefficiente di permeabilità trasversale dell'involucro filtrante di almeno 2 m/anno.

Attrezzatura di infissione

Si utilizzeranno attrezzature di infissione a pressione o vibrazione montate su torre con guide di scorrimento, in grado di raggiungere con il mandrino od i tubi di infissione la profondità prescritta dal Progetto nel contesto stratigrafico locale. Le caratteristiche delle attrezzature di infissione dovranno essere rese note alla D.L..

Qualora motivato dalla necessità di superamento di strati o livelli di particolare resistenza si potrà ricorrere a prefori eseguiti con sonda a rotazione o rotopercolazione.

Il mandrino o la tubazione di infissione dovrà avere sezione trasversale ridotta al minimo indispensabile per garantire la necessaria resistenza.

Il dreno sarà connesso all'utensile di infissione con un elemento a perdere, in grado di garantire il sicuro vincolo del dreno all'utensile durante l'inserzione e l'ancoraggio del dreno al terreno all'atto del ritiro del mandrino o della tubazione a profondità di progetto raggiunta.

Lavori preparatori dell'infissione

Prima di procedere alla installazione dei dreni, l'Impresa provvederà alla completa asportazione del terreno vegetale sull'area di lavoro, regolarizzando la superficie e coprendola con uno strato di sabbia perfettamente pulita, dello spessore di 50-80 cm, con fuso granulometrico corrispondente a quello di una sabbia medio-grossa, con massima percentuale di passante al vaglio UNI da 0.075 mm del 3%.

I punti di infissione dei dreni saranno materializzati sul terreno mediante picchetti o evidenti punti di riferimento.

Le attrezzature dovranno operare da un piano di lavoro adeguatamente stabile, e tale da escludere variazioni di assetto delle stesse durante le operazioni di infissione.

Installazione

L'infissione dei dreni avverrà mediante pressione o vibrazione, con modalità tali, per quanto concerne le massime pressioni esercitate verso il basso e la velocità di penetrazione, da prevenire la rottura dei nastri prefabbricati o il mancato raggiungimento della profondità di progetto.

4.3.2 Dreni in ghiaia

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).

4.3.3 *Dreni in sabbia*

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.

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 contropinta 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.

4.3.4 Rinterri

Descrizione

Riempimento di scavi relativi a fondazioni, trincee, cunicoli, pozzetti, etc. eseguiti in presenza di manufatti.

Modalità esecutive

a) Per il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà utilizzarsi materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A1 ed A3 opportunamente compattato; il materiale appartenente al gruppo A3 dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D60/D10) maggiore o uguale a 7;

b) Il rinterro di scavi relativi a tubazioni interrato e cavi elettrici sarà effettuato con materiali sabbiosi (o comunque con materiali che durante l'operazione di rinterro non danneggino dette installazioni).

In linea di massima i materiali da utilizzare in detti rinterri saranno specificati sui disegni costruttivi.

4.3.5 *Sistemazione superficiale*

Descrizione

Viene eseguita con o senza apporto di materiale.

Modalità esecutive

La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali selezionati appartenenti esclusivamente ai gruppi A1 ed A3, con spandimento a strati opportunamente compattato fino a raggiungere il 95% della massa volumica del secco massima ottenuta con energia AASHO modificata, procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto.

Il materiale appartenente al gruppo A3 dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D60/D10) maggiore o uguale a 7.

4.4 *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.

4.4.1 *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 utilizzare.
- le procedure che devono essere attuate per la rimozione e demolizione dei vari elementi costruttivi dell'opera.
- le valutazioni dei rischi inerenti sostanze pericolose presenti nel sito ed i relativi metodi di bonifica.
- la valutazione dei rischi ambientali, in particolare polvere e rumore, e le misure di controllo ed attenuazione.
- le misure di sicurezza, collettiva ed individuale degli operatori, con l'individuazione e prescrizione degli appropriati DPI.
- I punti da trattare nel un Piano della demolizione sono:
- Descrizione del sito e delle condizioni al contorno (vincoli fisici, recettori sensibili ecc).
- Individuazione dei vincoli normativi (presenza materiali inquinanti, gestione dei residui di demolizione ecc.).
- Pianificazione delle operazioni (sequenza operazioni, tipologie di macchine e tecnica di demolizione ecc.).
- Individuazione di apposite misure di protezione collettiva.
- Verifiche sulla stabilità delle strutture nelle fasi transitorie.
- Progetto (calcoli e disegni) delle opere provvisorie di rinforzo e puntellamento.

- Individuazione di apposite misure di protezione ambientale (polveri, vibrazioni, rumore ecc.).
- Individuazione di apposite misure di sicurezza in cantiere.
- Valutazione dei rischi.
- Redazione di apposite procedure di informazione e comunicazione.
- Redazione di apposite procedure di emergenza.
- Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo la zona interessata ed in particolare:
 - per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
 - per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tramvie, ecc.;
 - per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori e del Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione dei progetti e dei certificati ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Le operazioni di demolizione potranno iniziare soltanto dopo il benestare della D.L.

4.4.2 Prescrizioni particolari per le demolizioni integrali o parziali di strutture complesse

L'Appaltatore dovrà effettuare i lavori di demolizione procedendo in maniera da non compromettere la stabilità delle strutture interessate e di quelle di collegamento, impiegando eventuali opere provvisorie di rafforzamento e puntellamento delle zone interessate, in caso di demolizione parziale, o della struttura nel suo complesso, in caso di demolizione totale. Di regola questo tipo di demolizioni, più propriamente dette decostruzioni, avvengono con procedimenti inversi alla costruzione. Per esse potrà essere previsto anche l'impiego di esplosivi, nel rispetto della vigente normativa in materia.

L'Appaltatore dovrà prevedere ad adottare tutti gli accorgimenti tecnici per puntellare e sbatacchiare le parti pericolanti e tutte le cautele al fine di non danneggiare le strutture residuali e le proprietà di terzi.

Nel caso di demolizioni parziali, o in qualunque altro caso ritenuto opportuno dalla D.L., potrà essere richiesto:

- l'impiego di attrezzature speciali quali seghe circolari, fili diamantati, pinze idrauliche o qualsiasi altra tecnica, in modo da realizzare tagli netti e puliti e contestualmente evitare l'insorgere di vibrazioni e conseguenti danni alle strutture eventualmente da conservare.

- il trattamento con getto di vapore e pressione tale da ottenere superfici di attacco pulite e pronte a ricevere i nuovi getti; i ferri dovranno essere tagliati, sabbiati e risagomati secondo le disposizioni progettuali.

Il tutto senza alcuna maggiorazione del prezzo in quanto già compreso negli oneri da tenere in considerazione a carico dell'Appaltatore.

Per le demolizioni da eseguirsi su sede stradale in esercizio, l'Appaltatore dovrà adottare anche tutte le precauzioni e cautele atte ad evitare ogni possibile danno all'utenza e concordare con la D.L., coerentemente con i piani di sicurezza, le eventuali esclusioni di traffico che potranno avvenire anche in ore notturne e in giorni determinati.

In particolare, la demolizione di travi di impalcati di opere d'arte o di impalcati di cavalcavia anche a struttura mista, su sede stradale in esercizio, dovrà essere eseguita fuori opera, previa separazione dalle strutture esistenti, sollevamento, rimozione e trasporto di tali porzioni in apposite aree entro le quali potranno avvenire le demolizioni integrali.

4.5 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.

4.5.1 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 scavatrice 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.

4.6 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.

4.6.1 *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

4.6.2 *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

4.6.3 *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

4.6.4 *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

4.6.5 *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

4.6.6 *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

4.6.7 *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

4.6.8 *Trasporti a discarica o da cava di prestito*

I trasporti a Discarica o da Cava di Prestito sono inclusi nei singoli articoli di Elenco Prezzi, fino ad una distanza massima di 5 km dal perimetro del lotto.

Oltre tale distanza viene applicato il relativo sovrapprezzo da Elenco Prezzi, valutato per ogni metro cubo e per ogni km eccedente i primi 5 km.

4.6.9 *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

4.6.10 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

4.6.11 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

4.6.12 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

Idrodemolizione superficiale di strutture in Cemento Armato su superfici sia verticali che orizzontali, sia per l'asportazione delle parti ammalorate che per la preparazione delle zone di attacco tra vecchi e nuovi getti.

Compresa l'eventuale scalpellatura di rifinitura, mediante demolitori leggeri e l'approvvigionamento dell'acqua.

La misurazione verrà computata misurando geometricamente lo spessore medio del materiale da rimuovere mediante rilievo su un reticolo di 1,00 mt di lato

Unità di misura MQ fino a 3cm

Unità di misura MQxCM per ogni cm in più

4.6.13 *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

4.6.14 *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

4.6.15 *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

4.6.16 *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

4.7 CONTROLLO

4.7.1 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. COMMITTENTE 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

4.7.2 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.

4.7.3 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'COMMITTENTE 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.

4.7.4 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

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

Prospetto I - Classificazione delle terre													
Classificazione generale	Terre ghiaia - sabbiose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%						Terre limo - argillose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 > 35%					Torbe e terre organiche palustri	
	A 1		A 3	A 2			A 4	A 5	A 6	A 7			A 8
Sottogruppo	A 1-a	A 1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6	
Analisi granulometrica. Frazione passante allo staccio	≤ 50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2mm	≤ 30	≤ 50	> 50	≤	≤ 35	≤	≤	>	> 35	> 35	> 35	> 35	
0,4mm	≤	≤ 25	≤ 10	35		35	35	35					
0,063	15												
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI2332													
Limite liquido	–	–	–	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	
Indice di plasticità	≤ 6	N.P.		≤ 10	≤ 10m ax	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	(IP ≤ IL-30)	(IP > LL-30)	
Indice di gruppo	0	0	0	0	≤ 4	≤ 4	≤ 4	≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20	

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

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	Limite poco compressibili	Limite 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	Nulla	Nulla o lieve	Lieve o medio	Elevato	Elevato	Molto elevato			
Permeabilità	Elevata	Media o scarsa			Scarsa o nulla				

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL’ASTICO

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
<p>* 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.</p>						

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		
Classificazioni UNI 13242 UNI 14688 UNI 13285	500	10000	500	2500	500	5000
Costipamento o 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	*	*	500	2000	1000	5000

carico su piastra CNR 9 - 67						
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

4.7.5 *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.

4.7.6 *Prove di laboratorio*

Le caratteristiche e l' idoneità dei materiali da trattare saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante prova di costipamento con procedimento AASHO modificato (UNI 13286);
- determinazione della percentuale di rigonfiamento secondo le modalità previste per la prova CBR (CNR UNI 10009);
- verifica della sensibilità al gelo (CNR BU n° 80/80), condotta sulla parte di aggregato passante al setaccio 38.1 e trattenuto al setaccio 9.51 (Los Angeles classe A);
- prova di abrasione Los Angeles; sarà ritenuto idoneo il materiale che subisce perdite inferiori al 40 % in peso;

Sarà effettuata una prova ogni 500 m3 di materiale da porre in opera.

4.7.7 *Prove in sito*

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito;
- Prova di carico con piastra circolare;

Sarà effettuata una prova ogni 500 m3 di materiale posto in opera.

4.7.8 *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.

4.7.9 *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.

4.7.10 *Prove in sito*

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito;
- Prova di carico con piastra circolare;

Sarà effettuata una prova ogni 500 m³ di materiale posto in opera.

4.7.11 *Telo Geotessile “tessuto non tessuto”*

Le normative di riferimento UNI EN maggiormente impiegate per l'esecuzione delle prove sui geotessili sono:

Campionatura CARATTERISTICA	RIFERIMENTO
Caratteristiche richieste per l'impiego nei sistemi drenanti	UNI EN 13252
Prova di punzonamento statico (metodo CBR)	UNI EN ISO 12236
Prova di trazione a banda larga	UNI EN ISO 10319
Caratteristiche richieste per l'impiego nelle costruzioni di terra, nelle fondazioni e nelle strutture di sostegno	UNI EN 13251
Identificazione in sito	UNI EN ISO 110320
Caratteristiche richieste per l'impiego nella costruzione di strade e di altre aree soggette a traffico (escluse ferrovie e l'inclusione in conglomerati bituminosi)	UNI EN 13249

Massa Areica	UNI EN ISO 9864
Spessore	UNI EN ISO 9863-1
Apertura dei pori	UNI EN ISO 12956
Permeabilità perpendicolare all’ acqua indice VH2050	UNI EN ISO 11058

Tra le prove eseguite rientrano anche quelle che il CSS svolge in veste ufficiale (campioni inviati dai Compartimenti).

Queste norme aggiornano e sostituiscono le CNR 110-111 del 1985 e le CNR da 141 a145 del 1992 oltre alle norme UNI (gruppo UNITEX).

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

La D.L., a suo insindacabile giudizio, potrà richiedere ulteriori prove preliminari o prelevare in corso d'opera campioni di materiali da sottoporre a prove presso Laboratori qualificati.

Il piano di stesa del geotessile dovrà essere perfettamente regolare. Dovrà essere curata la giunzione dei teli mediante sovrapposizione di almeno 30 cm nei due sensi longitudinale e trasversale.

I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

4.7.12 *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.

Prove di laboratorio

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

Terre:

analisi granulometrica;

determinazione del contenuto naturale di acqua;

determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità, nell'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;

eventuale determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio.

Rocce:

resistenza a compressione monoassiale;

In presenza di terreni dal comportamento intermedio tra quello di una roccia e quello di una terra, le suddette prove potranno essere integrate al fine di definire con maggior dettaglio la reale situazione geotecnica.

La frequenza delle prove dovrà essere effettuata come segue:

ogni 500 m³ di materiale scavato e ogni 5 m di profondità dello scavo;

in occasione di ogni cambiamento manifesto delle caratteristiche litologiche e/o geomeccaniche;

ogni qualvolta richiesto dalla DL.

b) Prove in sito

Terre:

si dovrà rilevare l'effettivo sviluppo della stratificazione presente, mediante opportuno rilievo geologico-geotecnico che consenta di identificare le tipologie dei terreni interessati, con le opportune prove di identificazione.

Rocce:

si dovrà procedere al rilevamento geologico-geomeccanico, al fine di identificare la litologia presente e la classe geomeccanica corrispondente mediante l'impiego di opportune classificazioni.

Si dovranno effettuare tutte le prove necessarie allo scopo.

Si dovrà in ogni caso verificare la rispondenza delle pendenze e delle quote di progetto, con la frequenza necessaria al caso in esame.

4.7.13 Controllo dreni prefabbricati

a) Controllo dei materiali

Il produttore alleggerà ad ogni lotto una certificazione del prodotto dove saranno riportate le caratteristiche del materiale conformi a quanto specificato dal presente capitolato.

b) Attrezzature d'infissione

L'impresa dovrà presentare, prima dell'inizio dei lavori e per conoscenza, alla D.L. una relazione tecnica riguardante le metodologie scelte per la realizzazione dei dreni e le caratteristiche delle attrezzature.

Qualora si preveda di impiegare sonde a rotazione o a rotopercolazione, la D.L. dovrà approvare specificatamente l'impiego di tali attrezzature.

Durante la posa in opera dovrà essere redatta una apposita scheda sulla quale dovrà essere riportata la effettiva lunghezza installata per ciascun dreno.

Si dovrà riportare inoltre la posizione planimetrica rispetto agli elaborati di progetto, e che questa non si discosti più di 10 cm dalla suddetta posizione.

4.7.14 *Controllo dreni in sabbia*

a. Qualifica dei materiali

L'Impresa per ogni lotto fornito, e comunque ogni 100 m³ di sabbia, dovrà effettuare prove granulometriche atte a verificare la conformità della partita alla granulometria specificata negli elaborati progettuali.

In assenza di tali specifiche, si adotterà il fuso riportato nel punto 2.7.8.4. del presente capitolato.

b. Attrezzature d'impiego

Qualora si preveda di impiegare fluidi di perforazione diversi da acqua o additivi di questa, si richiederà l'approvazione specifica della DL.

c. Fase esecutiva

In fase esecutiva per ogni dreno si dovrà compilare una scheda sulla quale verranno riportate:

discordanza con la posizione di progetto, che comunque non dovrà essere superiore a 10 cm;

profondità raggiunta dalla perforazione;

quantitativo complessivo di sabbia immessa;

caratteristiche della certificazione relativa al lotto di materiale granulare;

caratteristiche delle attrezzature di perforazione;

fluido impiegato per la perforazione.

4.8 *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).

5 PAVIMENTAZIONI STRADALI

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.

Materiali

I materiali dovranno corrispondere a quanto stabilito dalla normativa di settore e dal presente documento.

I materiali dovranno provenire da località o siti di produzione che l'Impresa riterrà di sua convenienza, purché rispondano ai requisiti del presente documento.

In ogni caso i materiali e le loro miscele prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori, sia per i lavori prescritzionali, che per quelli prestazionali.

Caratteristiche dei materiali

I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti di seguito fissati.

Per ciò che riguarda le loro miscele, e lavorazioni, valgono le prescrizioni e le indicazioni riportate negli appositi articoli.

La scelta di un tipo di materiale nei confronti di un altro, o tra i diversi tipi dello stesso materiale, sarà fatta, nei casi non definiti inequivocabilmente dalle presenti norme, in base al giudizio della Direzione dei Lavori.

	
N° di identificazione dell’ente notificato	
SOCIETA’	
08	
n.certificato	
EN 13108-1	
Conglomerato Bituminoso per strade, piste aeroportuali e altre aree trafficate	
CB 12,5 USURA BM 50/70	
Contenuto dei vuoti dopo 10 rotazioni	V10
G _{min} 11%	
Temperatura della miscela	da
140°C a 180°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%	

<p>Contenuto di legante 4,6%</p>	<p>B_{min}</p> <p>I conglomerati bituminosi per essere ritenuti idonei e quindi impiegabili, dovranno essere dotati obbligatoriamente di marcatura CE (a fianco un esempio).</p> <p>I requisiti obbligatori richiesti sono:</p> <ul style="list-style-type: none">• 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). <p>Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nelle presenti norme, oltre alle altre qui richieste ma non facenti parte della marcatura CE.</p>
--------------------------------------	---

Generalità per l'esecuzione dei lavori - Autocontrollo dell'Impresa

L'autocontrollo da parte dell'Impresa esecutrice consiste nella verifica diretta dei materiali delle miscele e delle lavorazioni finalizzate all'ottenimento delle prestazioni richieste, quindi deve prevedere le seguenti modalità per ciascuna fase delle lavorazioni:

- prima dell'esecuzione dei lavori
- durante l'esecuzione dei lavori
- al termine dei lavori eseguiti

A- Prima dell'esecuzione dei lavori

L'Impresa è tenuta, a propria cura e spese, a formulare gli studi delle miscele completi delle prove di laboratorio **riguardanti i lavori**, che tengano conto della disponibilità dei materiali, delle specificità degli impianti di fabbricazione e del cantiere di stesa, per la definizione delle miscele da porre in opera ed il mix design, valutato in conformità alle presenti Norme Tecniche, è impegnativo per l'Impresa.

Gli studi dovranno essere presentati alla Direzione Lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni ed approvati dalla stessa DL. E dovranno contenere:

- tipo di miscela sito di applicazione (strada, carreggiata, corsia, quantità ecc) impianto di produzione;
- aggregati: provenienza, granulometrie, PSV, 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 solleva 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 fine 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 accompagnamento ecc.) atte a facilitare la verifica di idoneità delle lavorazioni in oggetto.

Tutti i prelievi dei materiali devono essere effettuati in contraddittorio con l'Impresa.

In caso di lavorazioni di particolare rilevanza e complessità, come i riciclaggi in sito, va prevista l'effettuazione di una serie di verifiche in corso d'opera, considerando la possibile variabilità del materiale da stabilizzare per cui potrebbe essere insufficiente l'effettuazione di un solo studio (mix design) per ottimizzare la lavorazione.

Tali attività di autocontrollo durante l'esecuzione dei lavori, necessarie per la corretta esecuzione delle lavorazioni, sono obbligatorie ed a carico dell'Impresa.

Resta a carico del Committente 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 del Committente 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 (miscela, 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 difforni 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.

5.1 MISTO GRANULARE STABILIZZATO PER FONDAZIONE E/O SOTTOFONDAZIONE

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.

5.1.1 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 $\pm 2\%$ rispetto all'umidità ottima di costipamento.

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi a, b, c, d, salvo nel caso citato al comma d) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

5.1.2 *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.

5.1.3 *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 nell'articolo successivo.

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.

5.1.4 Prove di portanza con piastra dinamica tipo LWD

Le prove LWD devono rispettare le Norme ASTM E2583-07 "Standard Test Method for Measuring Deflections with a Light Weight Deflectometer (LWD)" e andranno eseguite applicando una sforzo di sollecitazione pari a circa 70 KPa mentre la durata dell'impulso di carico sarà pari a circa 30 msec.

Tale configurazione si ottiene utilizzando il carico da 10 Kg con una altezza di caduta (distanza tra terreno e base del carico) pari a 100 cm.

Le battute del LWD, secondo quanto indicato nella Norma, dovranno essere ripetute fino ad ammettere uno scarto tra le deflessioni a centro piastra $\leq 3\%$; Pur nel rispetto del limite di modulo elastico richiesto, se non viene raggiunto il limite dello scarto tra due deflessioni consecutive dopo 4 ripetizioni per più di 5 punti di misura distanziati almeno 5 metri tra loro lo strato andrà 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 $E=f \cdot (1-\eta^2) \cdot \sigma \cdot r/d_0$ con $f = 2$, $\eta = 0,35$, $\sigma =$ sforzo effettivamente applicato (intorno a 70 KPa), $r = 150$ mm (raggio della piastra), e $d_0 =$ deflessione misurata al centro piastra.

5.2 FONDAZIONE (SOTTOBASE) IN MISTO CEMENTATO CONFEZIONATO IN CENTRALE

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.

5.2.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare

5.2.1.1 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 avere andamento continuo ed uniforme

Setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
Setaccio 40	100-100
Setaccio 31,5	90-100
Setaccio 20	70-90
Setaccio 14	58-78
Setaccio 8	43-61
Setaccio 4	28-44
Setaccio 2	18-32
Setaccio 0,4	9-20
Setaccio 0,125	6-13
Setaccio 0,063	5-10

- Perdita in peso alla prova Los Angeles (UNI EN 933-1) non superiore al 30% in peso.
- Equivalente in sabbia (UNI EN 933-8) compreso fra 30 e 60.
- Indice di plasticità (CNR UNI 10014) uguale a zero (materiale non plastico).

5.2.1.2 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.

5.2.1.3 Acqua

Dovrà essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, e qualsiasi altra sostanza nociva. La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento (rilevabile con lo studio con pressa giratoria) con una variazione compresa entro $\pm 2\%$ del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

5.2.2 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	1,4 – 3,6	2,5 – 5,5	Diametro 150mm altezza 160-200

°C (GPa x 10 ⁻³)		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.

5.2.3 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 temperature diverse, mai superiori a 35 °C.

Nel caso di stesa tra 25°C e 35°C sarà necessario proteggere da evaporazione la miscela durante il trasporto dall'impianto di confezione al luogo di impiego (ad esempio con teloni); sarà inoltre necessario provvedere ad una abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato. Infine le operazioni di costipamento e di stesa del velo di protezione con emulsione bituminosa dovranno essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature comprese tra 15°C e 18°C ed umidità relativa del 50% circa; temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relativa anch'essa crescente; comunque è opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che l'umidità relativa all'ambiente non scenda al di sotto del 15%, in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente una eccessiva evaporazione della miscela.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma le 2 ore per garantire la continuità della struttura.

Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale simile.

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 $1 \div 2 \text{ Kg/m}^2$, 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

5.3 *Fondazione (O Sottobase) In Misto Cementato O Calce, La Tecnica Della Miscelazione In Sito*

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 nel paragrafo "Leganti".

Altri spessori potranno essere richiesti secondo le caratteristiche progettuali.

5.3.1 *Caratteristiche dei materiali*

5.3.1.1 *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

5.3.1.2 Legante

Verrà impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno) di classe 32,5.

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.

5.3.1.3 Acqua

Dovrà essere pura ed esente da sostanze organiche.

L'umidità potrà essere controllata in cantiere con sistemi rapidi.

Nel caso di lavori durante la stagione calda sarà opportuno riumidificare il misto miscelato, prima della rullatura.

5.3.1.4 Studio della miscela

Prima delle lavorazioni 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.

5.3.2 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 $1 \div 2 \text{ Kg/m}^2$, 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 5.1.4 e dovranno avere valori:

Maturazione	Modulo elastico (Mpa)
4 ore	50
24 ore	180-600

5.4 *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.

5.4.1 *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 quelli descritti nel capitolo “Leganti bituminosi e loro modificati” 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 32,5 in percentuale connessa al contenuto d'acqua del materiale da riciclare (ricavato dal saggio effettuato) e alle resistenze da ottenere.

5.4.2 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
CTI 25°C (GPa x 10 ⁻³)	≥ 50	altezza 100-130 mm
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

5.4.3 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;
- 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 5.1.4 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.

5.5 Fondazione O Sottobase Con Tecnica Del Bitume Schiumato Realizzato In Impianto

La tecnologia dello schiumato in impianto va applicata per reimpiegare materiali fresati o vergini, stoccati in cumuli, lavorandoli con opportuni impianti in aree adiacenti il tratto da risanare o realizzare o a fianco agli impianti a caldo; il materiale a cui sono aggiunti i leganti e l'acqua dovrà essere steso con finitrice e compattato.

Gli impianti devono prevedere la possibilità di caricare direttamente il materiale sui camion per il trasporto in sito e la stesa (opzione preferibile); è possibile stoccare in cumuli il materiale già "schiumato" per 1 o 2 ore, ma è preferibile stenderlo e compattarlo subito e comunque il conglomerato schiumato in impianto dovrà essere steso e compattato entro 4 ore dall'uscita dall'impianto.

Nella miscela è possibile impiegare vecchie fondazioni o pavimentazioni (misti cementati ammalorati, misti stabilizzati da riciclare, fresati di conglomerati bituminosi), materiali vergini, purchè opportunamente frantumati e rispondenti alle caratteristiche in seguito illustrate e ritenuti comunque idonei dalla DL.

5.5.1 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 nel capitolo “Leganti bituminosi e loro modificati” 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 32,5 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;

5.5.2 Studio Della Miscela

Ai fini della determinazione delle percentuali di cemento, bitume e umidità ottima si dovranno realizzare provini con pressa giratoria a n° giri 180 con le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche provini giratoria

Pressione verticale kPa	600 ± 3
Angolo di rotazione	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	150

Caratteristiche di resistenza

	3 gg	Dimensioni provini
ITS 25°C (GPa x 10 ⁻³)	0,30 – 0,50	Diametro 150mm altezza 100-130 mm
CTI 25°C (GPa x 10 ⁻³)	≥ 40	
Compressione semplice 25 °C (GPa x 10 ⁻³)	1,0 – 2,5	Diametro 150mm altezza 160-200 mm

I provini vanno maturati a 40 °C e termostati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura.

Nel caso si impieghi solo materiale proveniente dalla fresatura di conglomerati bituminosi per la corretta esecuzione della lavorazione è bene integrare il materiale con il 10% di sabbia di frantumazione 0/4 e 15- 20 % di graniglia.

Sarà la DL a stabilire le modalità di procedere valutando se è necessario integrare con materiale di pezzature diverse.

I parametri sopra descritti potranno essere ricercati mediante l’effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione del materiale da impiegare, delle percentuali ottimali dei leganti (cemento e bitume) e dell’acqua di compattazione.

A tal fine si dovranno realizzare provini con pressa giratoria secondo il seguente schema (indicativo):

Cemento (%)	1,5			2,0			2,5			Le percentuali sono da intendersi in peso sulla miscela
Bitume schiumato (%)	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
Acqua di compattazione (%)	5	6	7	5	6	7	5	6	7	
N° provini	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

I sei provini (per ciascun punto dello studio) andranno maturati e rotti tre a compressione e tre a trazione indiretta.

5.5.3 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 5.1.4 e dovranno avere valori:

Maturazione	Modulo elastico (Mpa)
ore	>50
24 ore	180-600

5.6 *Pavimentazione In Calcestruzzo Con Giunti A Lastre Non Armate*

Le specifiche tecniche per la realizzazione delle pavimentazioni in calcestruzzo sono contenute dell’Addendum al presente Capitolato Speciale di Appalto - Norme Tecniche e di Misurazione, per le sole lavorazioni peculiari delle pavimentazioni in calcestruzzo il cui impiego potrà essere previsto nei tratti di sviluppo del tracciato stradale in galleria.

L’addendum recepisce integralmente l’art. 10 A “Pavimentazioni in calcestruzzo con giunti a lastre non armate” delle Norme Tecniche per Capitolati Speciali di Appalto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

In relazione a specifiche tecnologie eventualmente adottate per l’esecuzione della pavimentazione in calcestruzzo, l’impresa Appaltatrice potrà proporre l’adozione di riconosciuti standard internazionali, con particolare riferimento agli standard tedeschi e austriaci.

5.7 *Leganti Bituminosi E Loro Modificati*

5.7.1 *LEGANTI BITUMINOSI SEMISOLIDI*

Per leganti bituminosi semisolidi si intendono i bitumi per uso stradale costituiti sia da bitumi di base che da bitumi modificati.

5.7.2 *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 al relativo capitolo. 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. 5.19.1, 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 $5 \cdot 10^2 \text{ s}^{-1}$)			
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:



SOCIETA' 09 n.certificato	azione a 25°C	– Penetr
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	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).	– Punto

5.7.3 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 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) 1)	Pa x s	0,01-0,10	0,10-0,35	0,15-0,45

viscosità dinamica 160°C (cilindri coassiali S21 20rpm)				
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 $5 \cdot 10^2 \text{ s}^{-1}$)	Pa x s	0,10-0,45

leganti bituminosi modificati per essere ritenuti **idonei e quindi impiegabili**, dovranno essere dotati obbligatoriamente di marcatura CE.

I requisiti **obbligatori** richiesti sono:

- Penetrazione a 25°C
- Punto di rammollimento
- Ritorno elastico a 25°C

Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nel presente Capitolato (oltre alle altre non facenti parte della marcatura CE ma contenute nelle presenti Norme Tecniche).

	Es. marcatura CF
N° di identificazione dell'ente	
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%

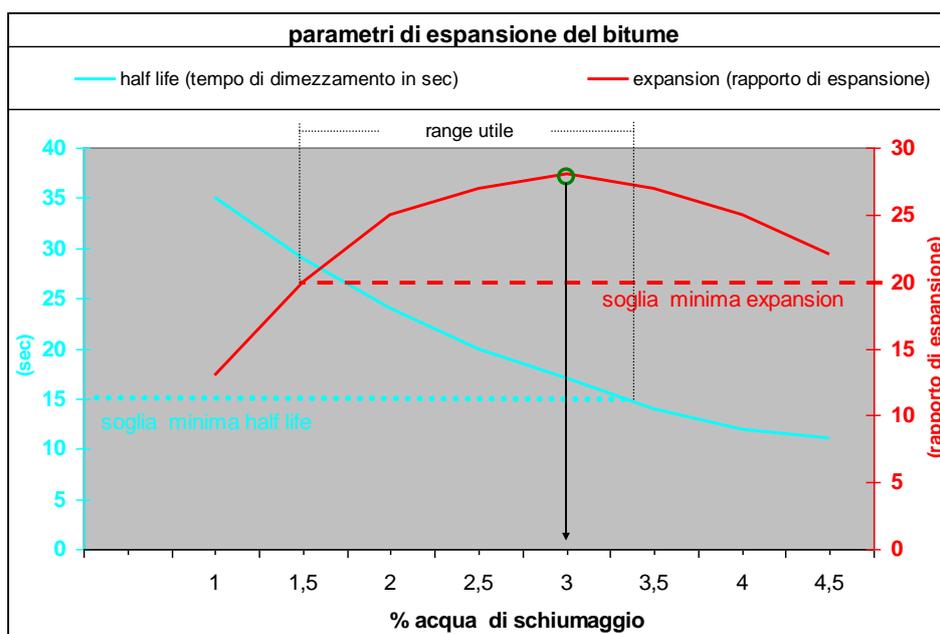
5.7.4 bitume per lavori di riciclaggio a freddo mediante tecnica dello schiumato

Per utilizzare la tecnologia del riciclaggio a freddo mediante bitume schiumato si dovrà usare un legante TQ o BM adatto alla “schiumatura”; con le seguenti caratteristiche:

Palla e anello (°C)	40-60	-
Penetrazione (dmm)	80–100	-
Rapporto di espansione	> 20	Rapporto tra volume schiuma e volume liquido
Tempo di dimezzamento (half life) - sec	> 15	Tempo per dimezzare il volume di schiuma
Velocità di espansione - sec	< 5	Tempo per arrivare al massimo volume

La “velocità di espansione” è il tempo necessario al bitume per raggiungere il massimo volume di schiumaggio alla prescelta quantità di acqua a partire dalla fine della fase di spruzzaggio. Ai fini della scelta della percentuale di acqua ottima (acqua di schiumaggio), nel range di accettabilità, è da preferire il valore che produce il max volume di schiumaggio, ferma restando la condizione di non superare mai il 4,5 % di acqua.

NB: le curve della figura sono esemplificative e non prescrittive



5.8 Emulsioni Bituminose

5.8.1 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. - 5.12.4)

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	di ° C	≥ 40	≥ 40
punto di rottura Fraass	° C	≤ -8	≤ -8

Le emulsioni cationiche bituminose

minose per essere ritenuti **idonei e quindi impiegabili**, dovranno essere dotate obbligatoriamente di marcatura CE

I requisiti **obbligatori** richiesti sono:

	Es. marcatura CE
N° di identificazione dell'ente notificato	
SOCIETA' 13 n.certificato	
Emulsioni cationiche bituminose per applicazioni stradali: C69 B 2	
pH (UNI EN 12850).....2-5	
Contenuto di bitume (UNI EN 1428).....67-71%	
Polarità particelle bitume (UNI EN 1430).....positiva	
<i>CARATTERISTICHE DEL LEGANTE:</i>	
Penetrazione a 25°C (UNI EN 1426)..... ≤(150) x 0,1 mm	
Punto di rammollimento (UNI EN 1427).....≥43 °C	

- PH
- Contenuto di acqua
- Polarità particelle bitume

Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nel presente Capitolato (oltre alle altre non facenti parte della marcatura CE ma contenute nelle presenti Norme Tecniche).

5.8.2 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

5.8.3 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.

5.8.4 *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.

5.8.5 *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 ($^{\circ}\text{C}$)	> 300 $^{\circ}\text{C}$

La validità delle fibre o delle loro miscele, dovrà esser verificata con le prove prestazionali del legante completo, ottenuto operando con le miscele drenanti standard di riferimento approvate dal CSS realizzando provini con e senza fibre valutandone l’efficacia in termini di resistenze a trazione diametrale.

Tutti i prodotti devono essere approvati sulla base di specifiche prove eseguite dai Laboratori accreditati se non già preventivamente approvati dal CSS e devono essere accompagnati da scheda tecnica e di sicurezza.

5.8.6 *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.

5.9 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	Normativa UNI EN

cono-piatto)	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

5.10 Conglomerati Bituminosi A Caldo

5.10.1 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.

5.10.1.1 Descrizione

Il conglomerato è costituito da una miscela di inerti nuovi (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi) impastata a caldo con bitume semisolido di 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.

5.10.1.2 BITUME

Si richiamano espressamente le norme di cui all'art. 6, i conglomerati di base, binder e usura potranno essere realizzati con bitumi di base oppure con bitumi modificati.

5.10.1.3 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

5.10.1.4 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:

- 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.

- 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.

- 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.

- 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 seguenti requisiti:

- coefficiente di appiattimento minore o uguale a 15% (UNI EN 933-3); resistenza alla levigabilità PSV (Polished Stone Value) maggiore o uguale a 44 (UNI EN 1097-8);

resistenza al gelo/disgelo minore o uguale all' 1% (UNI EN 1367-1) E' facoltà del Committente 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) $\geq 80\%$; la restante parte non dovrà essere mai completamente tonda.

È inoltre facoltà del Committente non accettare materiali che in precedenti esperienze abbiano provocato nel conglomerato finito inconvenienti (es.: rapidi decadimenti del CAT, scadente omogeneità nell' impasto per la loro insufficiente affinità con il bitume, ecc.) anche se rispondenti ai limiti sopra indicati.

5.10.1.5 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 .

5.10.1.6 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): $\Delta_{R\&B} > 5\%$

5.10.1.7 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.

- - Base con bitume modificato e tal quale

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.

- Basebinder con bitume modificato e tal quale

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.

- Binder con bitume modificato e tal quale

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.

- Usura tipo “A” e “B” con bitume modificato e tal quale

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.

- Usura A con argilla espansa con bitume modificato e tal quale

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/cm²
- 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.

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

- **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 della miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale); il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	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):

	Miscela con bitume TQ	Miscela 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

- **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):

	Miscela con bitume TQ	Miscela 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

- **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)

	TQ	Sf	HD	UNI EN 12697-8)
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

- **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 attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con esami giornalieri.

Le tolleranze ammesse relative alla granulometria risultante rispetto alla miscela ottimale approvata sono:

Aggregato grosso (trattenuto al setaccio 2mm)	5%
---	----

Aggregato fino (passante setaccio al 2mm e trattenuto al setaccio 0,063mm)	3%
Additivi Filler (passante al setaccio 0,063mm)	1,5%

Per la percentuale di bitume non sarà accettato uno scostamento da quella di progetto di $\pm 0,3\%$ e sempre contenuta nei limiti indicati per ciascuna miscela. Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate in stesa, all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

Dovranno essere effettuati i seguenti controlli:

1. la verifica granulometrica dei singoli aggregati 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;
- 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 ≥ 55 .

- 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.

- 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.

- 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 nello specifico capitolo 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 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	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
sul bitume	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

- **PRODUZIONE, TRASPORTO E POSA CON TECNOLOGIA A TIEPIDO**

La miscela bituminosa può essere prodotta a tiepido, sia su richiesta della Direzione Lavori sia per scelta dell’Azienda produttrice. La produzione tiepida può essere raggiunta con qualsiasi tecnologia o additivo, ma in ogni caso deve essere rispettato quanto segue:

La temperatura di produzione minima del conglomerato bituminoso pari a 140°C allo scarico sul cassone del camion.

La temperatura del conglomerato bituminoso all’atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 85°;

le prestazioni della miscela tiepida devono essere le medesime di quella calda; pertanto devono essere rispettate tutte le prescrizioni sopra riportate.

- **ADDITIVO PER CONGLOMERATI BITUMINOSI TIEPIDI**

L’additivo, specifico per la gestione delle temperature di produzione dei conglomerati bituminosi e per la produzione di miscele tiepide, aggiunto nel bitume, consente di abbassare la temperatura di produzione e di stesa e compattazione del conglomerato bituminoso, fornendo al contempo un consistente contributo in qualità di attivante di adesione.

Il conglomerato additivato può essere steso e compattato a temperature che variano tra i 90-120°C, abbattendo la totalità dei fumi che fuoriescono dal bitume caldo.

In tal modo, inoltre, è possibile raggiungere notevoli estensioni del tempo a disposizione per la messa in opera della stessa miscela bituminosa.

Il dosaggio dovrà variare dallo 0,2% allo 0,5% del peso del bitume in funzione del tipo di bitume utilizzato e delle condizioni varie (condizioni ambientali, temperature delle miscele da garantire, percentuale di vuoti da raggiungere, ecc.).

Per ottenere un rendimento ottimale del prodotto è preferibile il dosaggio in linea al bitume.

5.11 *Conglomerato Bituminoso Per Strati Di Usura Drenante E Drenante Alleggerito Con Argilla Espansa*

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 rettilineo-clotoide, rettilineo-curva).
- abbattimento del rumore di rotolamento (elevata fonoassorbenza)

Gli aggregati dovranno essere stoccati in appositi siti, ben separati fra le varie pezzature e in zone prive di ristagni d'acqua o di terreni argillosi.

I leganti bituminosi devono essere stoccati in idonee cisterne con controllo delle temperature.

Ai fini del loro impiego i conglomerati bituminosi dovranno avere marcatura CE relativamente alle grandezze indicate in premessa.

5.11.1 *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 del Committente accettare l' impiego di aggregati "alluvionali", cioè provenienti da frantumazione di rocce tondeggianti, in questo caso, fermo restando tutti gli altri requisiti, la percentuale (totale) di impiego di questi ultimi non deve essere superiore al 40%.

Gli aggregati alluvionali dovranno provenire dalla frantumazione di elementi sufficientemente grandi da essere formati da elementi completamente frantumati (privi di facce tonde) in percentuale (in peso) $\geq 80\%$; la restante parte non dovrà essere mai completamente tonda.

Ai fini dell'impiego è obbligatoria l'attestazione di conformità (CE) da parte del produttore con i seguenti requisiti:

- resistenza alla levigabilità PSV (Polished Stone Value) maggiore o uguale a 44 (UNI EN 1097-8);
- perdita in peso alla prova Los Angeles (UNI EN 1097-2) non superiore al 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% 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.

5.11.2 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	5-10	5-10

0,25		
Setaccio 0,063	4-8	4-8

Bitume, riferito alla miscela, 4,8%-5,8% per usura drenante (UNI EN 12697-1 e 39) e 5,3%-6,3% per usura drenante con argilla espansa

Per la realizzazione del drenante alleggerito con argilla espansa valgono le seguenti indicazioni:

- L’argilla espansa dovrà essere di tipo strutturale con pezzatura 6/14
- Resistenza dei granuli allo schiacciamento ≥ 43 daN/cm²
- L’argilla dovrà essere impiegata in percentuali in peso comprese tra 10 e 12 %

Ai fini della lavorazione l’argilla espansa dovrà essere stoccata in cantiere in idonei siti per evitare che venga a contatto con pioggia o acqua in generale.

L’impiego dell’argilla espansa è possibile in aree dove il costo degli aggregati naturali delle dovute caratteristiche risulta elevato per ragioni di reperibilità; inoltre aumenta le performance di durata in relazione alla lucidatura.

Entrambi i fusi favoriscono una elevata fonoassorbenza.

La DL al fine di verificare l'elevata fonoassorbenza, si riserva la facoltà di controllare mediante rilievi effettuati in sito con il metodo dell'impulso riflesso sempre effettuato dopo il 15° giorno della stesa del conglomerato. In questo caso con una incidenza radente di 30° i valori di α dovranno essere:

frequenza (Hz)	coeff. fonoassorbimento
400 / 630	$\alpha > 0,25$
800 / 1250	$\alpha > 0,50$
1600 / 2500	$\alpha > 0,25$

5.11.3 Requisiti Di Accettazione

I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia della miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale).

Il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	Usura drenante	Drenante alleggerita	% vuoti
N1	10	10	≥ 28
N2	50	50	≥ 22
N3	130	130	≥ 20

Le miscele risultanti dallo studio/verifica mediante giratoria (compattate a N3) dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

	Usura drenante	Drenante alleggerito
Rt (GPa x 10 ⁻³)	0,36 – 0,70	0,34 – 0,68
CTI (GPa x 10 ⁻³)	≥ 30	≥ 25

5.11.4 *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.

5.11.5 *Posa In Opera Delle Miscele*

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati tradizionali, 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÷12t .

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 5.7.3 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 permeabilmetro a colonna. Le prove sono da effettuarsi preferibilmente durante la fase di lavorazione (ad almeno 4 ore dalla fine della posa in opera, non appena il conglomerato si è freddato).

Le misure (singole) vanno fatte ad almeno 50 cm dai bordi con frequenza di almeno 10 misure per km per ciascuna corsia.

	Usura drenante	Drenante alleggerito
Capacità drenante lt/min	≥ 18	≥ 15

Ai fini della valutazione della aderenza, nel caso l'intervento interessi tratte brevi o con particolari caratteristiche geometriche tali da non poter effettuare misure con mezzi ad alto rendimento, la valutazione potrà essere effettuata mediante misura di attrito radente PTV

con Skid Tester (UNI EN 13036-4) misurato tra il 60° e il 180° giorno di apertura al traffico che dovrà risultare:

	Usura drenante	Drenante alleggerito
PTV	≥ 55	≥ 60

5.11.6 *Produzione, Trasporto E Posa Con Tecnologia A Tiepido*

La miscela bituminosa può essere prodotta a tiepido, sia su richiesta della Direzione Lavori sia per scelta dell’Azienda produttrice. La produzione tiepida può essere raggiunta con qualsiasi tecnologia o additivo, ma in ogni caso deve essere rispettato quanto segue:

La temperatura di produzione minima del conglomerato bituminoso pari a 140°C allo scarico sul cassone del camion;

La temperatura del conglomerato bituminoso all’atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 85°;

le prestazioni della miscela tiepida devono essere le medesime di quella calda; pertanto devono essere rispettate tutte le prescrizioni sopra riportate.

5.12 *Conglomerato Bituminoso Di Base Con Polverino Di Gomma*

5.12.1 *Descrizione*

Lo strato di base sarà costituito da una miscela di aggregati grossi, fini, filler e polverino di gomma da PFU, impastato con bitume modificato ad alta lavorabilità a caldo, previo preriscaldamento degli aggregati, steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli gommati e metallici. Lo spessore dello strato è prescritto nei tipi di progetto, salvo diverse indicazioni della Direzione Lavori. La realizzazione dello strato portante di base in conglomerato bituminoso con bitume modificato ad alta lavorabilità e con polverino di gomma da PFU si fa allo scopo di aumentare la resistenza a fatica e alle deformazioni, soprattutto di strade interessate da elevato traffico veicolare, specie se questo è costituito da una significativa componente di veicoli commerciali. Il conglomerato è studiato essenzialmente per:

- sopportare grossi carichi dinamici;
- minimizzare il rischio di deformazioni permanenti (ormai);
- favorire la ripartizione di carichi, riducendo i fenomeni di punzonamento;
- resistere maggiormente ai fenomeni di fatica ed invecchiamento.

5.12.2 *Materiali Inerti*

Il prelievo dei campioni di materiali inerti, per il controllo dei requisiti di accettazione appresso indicati, verrà effettuato secondo la norma UNI EN 932-1. Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione, così come per le modalità di esecuzione delle prove stesse, valgono le prescrizioni contenute nella norma UNI EN 932-1, con l'avvertenza che la prova per la determinazione della perdita in peso sarà fatta col metodo Los Angeles secondo la norma UNI EN 1097-2. L'aggregato grosso dovrà essere ottenuto per frantumazione ed essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere o da materiali estranei. L'aggregato grosso sarà costituito da inerti che potranno anche essere di provenienza o natura petrografica diversa, purché alle prove appresso elencate, eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare, risponda ai seguenti requisiti:

- Percentuale di superficie frantumata secondo la norma UNI EN 933-5, del 100%;
- Coefficiente di appiattimento secondo la norma UNI EN 933-3, inferiore al 15%;
- Perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo la norma UNI EN 1097-2, inferiore al 23%;
- indice dei vuoti delle singole pezzature, secondo UNI EN 1097-3, inferiore a 0,80;
- prova di affinità con il bitume richiesto, secondo UNI EN 12697-11, affine oltre 90%.

L'aggregato fino sarà costituito in ogni caso da sabbie naturali o di frantumazione che dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- equivalente in sabbia, determinato con la prova UNI EN 933-8, non inferiore al 70%;
- perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sul materiale granulare di origine delle sabbie secondo la norma UNI EN 1097-2, inferiore al 23%;
- prova di affinità con il bitume richiesto, secondo UNI EN 12697-11, affine oltre 90% (prova con aggregato grosso della stessa cava di provenienza).

I filler saranno costituiti da polvere di rocce preferibilmente calcaree o da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri di asfalto e dovranno risultare alla setacciatura per via secca interamente passanti al setaccio 0,5 mm e per almeno il 75% al setaccio 0,063 mm. Per filler diversi da quelli sopra indicati è richiesta la preventiva approvazione della Direzione dei Lavori in base a prove e ricerche di laboratorio.

5.12.3 *Polverino Di Gomma Da PFU*

Mediante idonee apparecchiature la miscela degli inerti deve essere additivata nella parte finale dell'impasto con POLVERINO di gomma da Pneumatici Fuori Uso in percentuale variabile secondo indicazione della DL tra lo 0,2% e 0,5% sul peso degli inerti, al fine di poter conferire al conglomerato migliori caratteristiche strutturali ed evitare segregazione del materiale. Il polverino di Gomma da PFU sarà privo di tela e filamenti di acciaio e avrà una granulometria continua 0 / 0,8 mm.

5.12.4 Bitume Modificato Hard Ad Alta Lavorabilità

Dovranno essere impiegati bitumi modificati mediante l’opportuna additivazione di idonei polimeri al fine di determinare un aumento dell’intervallo di plasticità (riduzione della suscettibilità termica), un aumento dell’adesione per la presenza di attivanti l’adesione agli inerti (termostabili anche a temperatura di 180°C), una facilità nella compattazione in situ anche in condizioni non ottimali di temperatura esterna e del piano di posa, con conseguente beneficio dalla minore percentuale di vuoti ottenibile (un maggiore addensamento ha come conseguenza una superiore resistenza alle sollecitazioni ed alla loro ripetizione). Questi bitumi modificati potranno essere impiegati a temperature di impasto ordinarie od a temperature ribassate per ridurre considerevolmente la fumosità in fase di impasto, trasporto e stesa.

Il legante modificato dovrà essere prodotto in appositi impianti capaci di dosare e disperdere perfettamente i polimeri nel bitume e dovrà presentare caratteristiche di costanza qualitativa, verificata da laboratori attrezzati. Lo stoccaggio dovrà avvenire in apposito serbatoio riscaldato, coibentato e preventivamente svuotato dal bitume preesistente. Il prelevamento dei campioni di bitume dovrà avvenire secondo la norma UNI EN 58.

I campioni saranno preparati secondo la norma UNI EN 12594. I dati della caratterizzazione chimico-fisica e reologica del legante elastomerizzato dovranno rientrare fra quelli di seguito indicati:

Parametro	Normativa	Valori	Classe UNI EN 14023
Penetrazione a 25 C	UNI EN 1426	25 - 55 dmm	3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	> 70 C	4
Coesione forze ductility test a	UNI EN 13703	> 3 J/cm ²	7
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	> 80%	2
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13702/2	> 0.4 Pa*s	
Resistenza all’invecchiamento	UNI EN 12607-1		
Variazione in massa	UNI EN 12607-1	< 0.5%	3
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	> 65%	7
Incremento del punto di	UNI EN 1427	< 8°C	2
Stabilità allo stoccaggio	UNI EN 13399		
D penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	< 9 dmm	2
D punto di rammollimento	UNI EN 1427	< 5°C	

5.12.5 Miscela

La miscela degli aggregati da adottarsi dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL’ASTICO

Conglomerato bituminoso per strato di Base Serie setacci UNI EN	Passante % totale in peso
Setaccio 31,5 mm	100
Setaccio 20 mm	70 – 95
Setaccio 12,5 mm	45 – 70
Setaccio 8 mm	35 – 60
Setaccio 4 mm	25 – 50
Setaccio 2 mm	20 – 40
Setaccio 0,5 mm	7 – 21
Setaccio 0,25 mm	5 – 15
Setaccio 0,063 mm	4 – 8

Conglomerato bituminoso per strato di Binder Serie setacci UNI EN	Passante % totale in peso
Setaccio 20 mm	100
Setaccio 16 mm	80 – 100
Setaccio 12,5 mm	70 – 90
Setaccio 8 mm	55 – 75
Setaccio 4 mm	35 – 55
Setaccio 2 mm	25 – 40
Setaccio 0,5 mm	13 – 23
Setaccio 0,25 mm	10 – 18
Setaccio 0,063 mm	5 – 9

Il legante bituminoso dovrà essere compreso tra il 4,0% ed il 5,0% riferito al peso totale degli aggregati. Il contenuto di bitume della miscela dovrà comunque essere quello necessario all’ottimizzazione del conglomerato che dovrà avere i seguenti requisiti:

Verifica con pressa giratoria (UNI EN 12697-31), parametri di preparazione:

diametro provino: 150 mm

pressione verticale: 600 kPa angolo di rotazione: 1,25 ° velocità di rotazione: 30 giri/min

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di giri: N1 (iniziale), N2 (design) e N3 (finale). Il numero di giri con % di vuoti sono:

	N° giri	Vuoti %
N1	10	11 – 15
N2	120	3 – 6
N3	200	> 2

I provini, compattati a N3, dovranno avere resistenza alla prova di trazione indiretta (UNI EN 12697-23) a 25°C compresa fra 0,95 e 1,70 MPa, con coefficiente di trazione indiretta superiore a 75 MPa.

In alternativa, ove non sia disponibile una pressa giratoria, si richiedono i seguenti requisiti con compattazione Marshall

(UNI EN 12697-30) su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia:

- il valore della stabilità Marshall (UNI EN 12697-34) eseguita a 60°C dovrà essere di almeno 14 kN. Il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra stabilità in kN e lo scorrimento in mm, dovrà essere superiore a 4;
- la resistenza alla prova di trazione indiretta (UNI EN 12697-23) a 25°C di almeno 1,50 MPa;
- la percentuale dei vuoti dei provini Marshall deve essere compresa fra 3 e 6%.
- la percentuale dei vuoti residui in opera deve essere compresa fra 3 e 7% e comunque la massa volumica del conglomerato in sito non dovrà essere inferiore al 98% della massa volumica giratoria a N2 o dei provini Marshall.

La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito la prova di sensibilità all’acqua (UNI EN 12697-12), dovrà dare un valore di stabilità non inferiore all’85% di quello precedentemente indicato.

I provini dovranno essere confezionati presso l'impianto di produzione e/o presso la stesa, senza alcun ulteriore riscaldamento. In tal modo la temperatura di costipamento consentirà anche il controllo delle temperature operative.

Se la compattazione dei provini non fosse eseguita alla produzione o alla stesa, la temperatura di compattazione dovrà essere uguale o superiore a quella di stesa, non dovrà però superare quest'ultima di oltre 10°C.

I provini compattati secondo le modalità prescelte, alle temperature di 160°C ed a 100°C non dovranno presentare variazioni nella massa volumica superiori al 2%.

Nella determinazione del modulo complesso e dell'angolo di fase della miscela (UNI EN 12697-26 tipo provino IT-CY), su provini confezionati in laboratorio con metodo giratorio a N3 o Marshall e sottoposti a prova dinamica di trazione - compressione alla frequenza di 10 Hz, con la deformazione unitaria compresa tra $1,0 \cdot 10^{-5}$ e $4,0 \cdot 10^{-5}$, in un intervallo di tempo compreso tra il 15° ed il 20° giorno dalla loro confezione, si dovranno ottenere i valori di seguito riportati:

Temperatura	Modulo di rigidezza
10°C	> 10000 Mpa
25°C	> 5000 Mpa
40°C	> 1300 Mpa

5.12.6 Controllo Dei Requisiti Di Accettazione

L'Impresa ha l'obbligo di fare eseguire prove sperimentali sui campioni di aggregato e di legante per la relativa accettazione. L'Impresa è poi tenuta a presentare, con congruo anticipo rispetto all'inizio dei lavori e per ogni cantiere di produzione, 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 l'Impresa ha ricavato la ricetta ottimale. Una volta accettata dalla DL la composizione proposta, l'Impresa dovrà ad essa attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con controlli giornalieri. Non saranno ammesse variazioni del contenuto di aggregato grosso superiore a $\pm 5\%$ e di sabbia superiore $\pm 3\%$ sulla percentuale corrispondente alla curva granulometrica prescelta, e di $\pm 1,5\%$ sulla percentuale di filler. Per la quantità di bitume non sarà tollerato uno scostamento dalla percentuale stabilita di $\pm 0,3\%$. Tali valori dovranno essere verificati con le prove sul conglomerato bituminoso prelevato all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito. In ogni caso i valori dovranno rientrare in quanto previsto nel punto 5.4 del capitolato. In ogni cantiere di lavoro dovrà essere installato a cura e spese dell'Impresa un laboratorio idoneamente attrezzato e condotto da personale appositamente addestrato per le prove ed i controlli in corso di produzione. In quest'ultimo laboratorio dovranno essere effettuate, quando necessarie ed almeno con frequenza giornaliera:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;
- la verifica della composizione del conglomerato bituminoso (granulometria degli inerti, % di bitume, % di filler)
- prelevando lo stesso all'uscita del mescolatore o a quella della tramoggia di stoccaggio (UNI EN 12697-27);
- la verifica delle caratteristiche del conglomerato e precisamente: peso di volume

(UNI EN 12697-6) metodo Marshall o giratorio a N2; percentuale dei vuoti (UNI EN 12697-8) metodo Marshall o giratorio; caratteristiche meccaniche, metodo Marshall o giratorio;

- 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 cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato e vidimato dalla DL sul quale l'Impresa dovrà giornalmente registrare tutte le prove ed i controlli effettuati. In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la DL effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

5.12.7 *Formazione E Confezione Delle Miscele*

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi autorizzati, 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 e l'uniforme riscaldamento della miscela. L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto. Il dosaggio dei componenti della miscela dovrà essere eseguito a peso mediante idonea apparecchiatura 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 miscelazione nonché il perfetto dosaggio dei materiali impiegati. La zona destinata al deposito degli inerti sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano 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. L'inserimento nel mescolatore sarà sempre il seguente: 1) inerti caldi, 2) bitume, 3) filler, 4) polverino di gomma. Il tempo di mescolazione effettivo sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e dell'effettiva temperatura raggiunta dai componenti la miscela, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante; comunque esso non dovrà mai scendere al di sotto dei 25 secondi. La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 140°C e 160°C, quella del legante tra 160°C e 180°C. 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 di norma superare lo 0,2%.

5.12.8 *Posa In Opera Delle Miscele*

La miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla DL la rispondenza di quest'ultima ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza. Prima della stesa del conglomerato su strati di fondazione, per garantire l'ancoraggio, si dovrà provvedere alla stesa di emulsione bituminosa cationica o anionica

(tipo IDROBIT o VALBIT), tale da permettere l'applicazione su strada di almeno 0,4 kg/m² di bitume residuo. Procedendo alla stesa in doppio strato, i due strati dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa cationica o anionica (tipo IDROBIT o VALBIT), tale da permettere l'applicazione su strada di almeno 0,4 kg/m² di bitume residuo. La posa in opera del conglomerato bituminoso verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla DL, in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismo di autolivellamento. Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazioni 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 2 o più finitrici. Qualora ciò non sia possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa 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 azzerramento. La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno cm 20 e non cadano mai in corrispondenza delle 2 fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti. Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa, dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni. La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 90°C. La stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possano pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro; gli strati eventualmente compromessi (con densità inferiori a quelle richieste o con modulo complesso inferiore del 15% da quello richiesto dal capitolato) dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell'Impresa. La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza soluzione di continuità. La compattazione sarà realizzata a mezzo di rulli gommati o vibrati gommati (comunque con peso non inferiore a 18t) con l'ausilio di rulli a ruote metalliche (comunque con peso non inferiore a 10t), tutti in numero adeguato ed aventi idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili. Al termine della compattazione, lo strato dovrà avere una densità uniforme in tutto lo spessore non inferiore al 98% di quella girettoria a N2 o Marshall dello stesso giorno, rilevata all'impianto o alla stesa. Tale valutazione sarà eseguita sulla produzione giornaliera secondo la norma UNI EN 12697-6 su carote di 10-15 cm di diametro; il valore risulterà dalla media di almeno due prove. 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 m 4, posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente. Saranno tollerati scostamenti saltuari e contenuti nel limite di 10 mm. Il tutto nel rispetto

degli spessori e delle sagome di progetto.

5.13 *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.

5.14 *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. 5.7.2 (tabella 6.A) e 5.7.3 (tabella 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 $50-0,1*50=45\text{dmm}$ e $70+0,1*70=77\text{dmm}$).

Sempre ai fini della applicazione della penale dovrà essere rispettato la conformità della percentuale di legante rilevato mediante estrazione rispetto a quella approvata (di progetto) contenuta negli studi di formulazione della miscela in esame.

Rispetto al contenuto di bitume di progetto (che dovrà essere sempre contenuto nei range delle percentuali del bitume (vedasi relativi paragrafi) ai fini dell'applicazione della penale è ammessa una tolleranza di $\pm 0,3\%$.

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:

$$\text{CM}_{(\text{metri cubi})} = Q / (2,3 \times 0,045)$$

$$D_{(\text{euro})} = 0,15 \times \text{CM} \times \text{PS}$$

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 $Q = 20\text{ton}$.

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 al relativo capitolo.

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 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 la 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.

5.15 *Rigenerazione A Freddo In Sito O Tramite Impianto Mediante Emulsione Bituminosa Modificata*

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.

5.15.1 *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 necessarie caratteristiche tecniche (granulometria, resistenza, portanza) è consentita l'integrazione con aggregati frantumati di cava (frantumazione 100%) nella percentuale massima del 30%.

5.15.2 *Legante E Additivi*

Per legante si dovrà impiegare emulsione bituminosa acida modificata (con SBS e/o lattice) secondo le caratteristiche indicate all'art 5.8.2 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 del capitolo 5.7

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	Fuso
----------	---------	------

(mm)		
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

5.15.3 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

5.15.4 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 attenersi 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

5.15.5 *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.

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.

5.15.6 *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.

5.16 *Trattamenti Superficiali*

5.16.1 *Risagomatura Delle Deformazioni Superficiali Mediante Impiego Di Microtappeti In Conglomerato Bituminoso A Caldo*

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 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

POSA IN OPERA

La posa in opera dovrà essere eseguita a regola d’arte, con vibrofinitrici in grado di realizzare uno strato finito perfettamente sagomato, senza ondulazioni, omogeneo, liscio, privo di sgranamenti, fessurazioni o aree di segregazione.

La stesa non deve presentare aree (chiazze) di bitume o di malta bituminosa (bitume e parti fini) dovute a problemi di collaggio o segregazione nella miscela.

Per garantire la continuità tra gli strati, sul piano di posa, che deve essere asciutto, va stesa sempre una mano di attacco in quantità compresa tra 0,6 e 1,2 kg/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.

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

Dati volumetrici

I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia della miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della percentuale dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale).

Il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	N° giri	% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
N1	10	11-15
N2	100	3-6
N3	190	≥ 2

Dati meccanici

Le miscele risultanti dallo studio/verifica mediante giratoria (compattate a N3) devono essere testate a trazione diametrale a 25 °C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

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.

5.17 *Trattamenti Di Irruvidimento Con Sistemi Meccanici*

5.17.1 *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.

5.17.2 *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.

5.17.3 *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.

5.18 *Microtappeti A Freddo Tipo "SLURRY - SEAL" (MACRO-SEAL)*

5.18.1 *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 espiazione della graniglia soprattutto sulla battuta dei pneumatici) è necessario avere un supporto (a meno di effettuare una rasatura) sufficientemente sano, cioè privo di lesioni, ragnatele o sfondamenti.

La malta è formata da una miscela di 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.

5.18.2 *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).

5.18.3 Additivi

Gli additivi (filler) provenienti dalle sabbie potranno essere integrati con filler di apporto (normalmente cemento Portland 32,5); gli additivi impiegati dovranno soddisfare i requisiti richiesti nel punto 5.15.2.

5.18.4 Miscela

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.

5.18.5 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'emulsione opportunamente formulata per l'impiego.

Per la realizzazione dell'emulsione si dovrà esclusivamente impiegare bitume di tipo 80-100. L'impiego di altri tipi di bitumi potrà essere autorizzato esclusivamente dalla DL.

I requisiti richiesti dal bitume elastomerizzato (residuo della distillazione) dovranno essere i seguenti:

Penetrazione a 25°C dmm	50/65	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.

5.18.6 *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

5.18.7 *Acqua*

L'acqua utilizzata nella preparazione della malta bituminosa a freddo dovrà essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche.

5.18.8 *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 macrotestitura ($HS > 0,5$).

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.

5.19 Controllo Requisiti Di Accettazione Delle Pavimentazioni

5.19.1 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

5.19.2 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 14.12.92¹.

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	62	0,5

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.

6 mm		
Trattamenti superficiali a caldo (microtappeti)	55	0,3
Irradiazione meccanica di irruvidimento (pallinatura)	5 punti CAT in più rispetto al CAT preesistente	N.A.

Le misure di CAT e di HS dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, ad eccezione dei conglomerati bituminosi drenanti ad elevata rugosità superficiale, per i quali le misure dovranno essere effettuate tra il 60° ed il 270° giorno dall'apertura al traffico, mentre le irradiazioni meccaniche di irruvidimento (pallinatura) andranno valutate entro il 60° giorno dall'intervento.

Le misure di CAT e HS saranno effettuate con gli strumenti del CSS o anche da Laboratori accreditati ISO9001, purché operanti con specifiche ed attrezzature verificate preventivamente dal CSS²; La velocità di rilievo dovrà essere mantenuta per quanto possibile costante e pari a 60 ± 5 km/h.

Dovrà essere rilevata l'intera lunghezza degli interventi realizzati da ogni singolo cantiere; le misure di CAT e HS dovranno essere restituite con un passo di misura di 10 m e quindi analizzate per tratte omogenee.

Prima di detta analisi i valori di CAT dovranno essere riportati alla temperatura di riferimento (20°C); l'operazione si effettuerà secondo la seguente formula correttiva elaborata dal TRRL, non sono previste invece correzioni per l'HS:

$$CAT_{20} = \frac{CAT_t}{0,548 + \frac{44,69}{(t + 80)}}$$

dove CAT_{20} è il valore CAT riportato alla temperatura di riferimento 20°C

CAT_t è il valore CAT nelle condizioni di prova

t è la temperatura dell'aria nelle condizioni di prova in °C

Per TRATTA OMOGENEA si intende quel tratto di pavimentazione in cui i valori dell'indicatore sono statisticamente poco dispersi intorno ad un valore medio; l'analisi sarà condotta con il programma di calcolo fornito dal CSS.

I valori medi di CAT e HS ricavati per ciascuna TRATTA OMOGENEA dovranno risultare maggiori o uguali alle prescrizioni riportate.

² Le verifiche consisteranno nella misura di tratti indicati dai tecnici del CSS e dall'esame dei risultati ottenuti con l'attrezzatura e le specifiche da validare, tali verifiche non si rendono necessarie se il Laboratorio è accreditato ISO17025.

Nel caso in cui l’apparato di misura abbia rilevato CAT ed HS sui due lati della corsia in esame è facoltà della DL analizzare entrambe le serie e prendere in considerazione i valori medi di CAT ed HS relativi alle TRATTE OMOGENEE in condizioni peggiori, detta misurazione valuterà comunque l’intera larghezza dell’intervento.

DETRAZIONI

Le detrazioni saranno applicate per i tratti omogenei quando i valori medi di CAT e/o HS del tratto omogeneo risultino più bassi dei valori prescritti; qualora i valori medi di CAT e HS risultino ambedue deficitari sarà applicata la penalità più gravosa.

La riduzione sarà applicata in punti percentuali ai prezzi di aggiudicazione dello strato più superficiale (usura); detti punti corrisponderanno alla metà dei punti percentuali per cui il CAT o l’HS differisce in diminuzione rispetto ai valori limite prescritti (esemplificando, se la differenza è del 6% rispetto al valore previsto, la penale sarà del 3%).

La detrazione riguarderà la larghezza dello strato più superficiale oggetto del lavoro per tutto il tratto omogeneo a cui si riferisce fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità appresso specificata:

TIPOLOGIA LAVORAZIONE	CAT ₂₀	HS (mm)
Tutte le lavorazioni	40	N.A.

Se i valori medi di CAT risultassero inferiori ai valori ritenuti inaccettabili si dovrà procedere, a completa cura e spese dell’Appaltatore, all’asportazione completa con fresa ed al rifacimento dello strato superficiale per tutta la larghezza dell’intervento; in alternativa a quest’ultima operazione si potrà procedere all’effettuazione di altri trattamenti di irruvidimento per portare 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.

5.19.3 Regolarità

I valori di REGOLARITA’ costituiscono il **dato prestazionale superficiale** insieme alla ADERENZA e TESSITURA.

La regolarità della superficie di rotolamento potrà essere misurata con apparecchiature ad alto rendimento dotate di profilometro laser tipo inerziale di classe 1 secondo ASTM E950-98(2004) e calcolata attraverso l’indice IRI (International Roughness Index) come definito dalla World Bank Technical Paper Number 45 e 46 nel 1986.

L’indicatore IRI dovrà essere inferiore o uguale ai seguenti valori:

TIPOLOGIA DI INTERVENTO	IRI (mm/m)
RS, RP ed NC, come definiti in appendice	2,5
RSS e TS, come definiti in appendice	N.A.

Le misure di regolarità dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra la stesa ed il 180° giorno dall'apertura al traffico.

Le misure saranno effettuate con gli strumenti del CSS o anche da Laboratori accreditati ISO9001, purché operanti con specifiche attrezzature verificate preventivamente dal CSS³; La velocità di rilievo dovrà essere mantenuta quanto più possibile costante e non dovrà scendere sotto i 25 km/h.

Dovrà essere rilevata l'intera lunghezza degli interventi realizzati da ogni singolo cantiere e dovrà essere interessata almeno una corsia; le misure di IRI dovranno essere restituite con un passo di misura di 10 m e quindi analizzate per tratte omogenee.

Per TRATTA OMOGENEA si intende quel tratto di pavimentazione in cui i valori dell'indicatore sono statisticamente poco dispersi intorno ad un valore medio; l'analisi sarà condotta con il programma di calcolo fornito dal CSS.

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.

³ Le verifiche consisteranno nella misura di tratti indicati dai tecnici del CSS e dall'esame dei risultati ottenuti con l'attrezzatura e le specifiche da validare, tali verifiche non si rendono necessarie se il Laboratorio è accreditato ISO17025.

TIPOLOGIA DI INTERVENTO	IRI (mm/m)
RS, RP ed NC, come definiti in appendice	4,0
RSS e TS, come definiti in appendice	N.A.

Se i valori medi di IRI risultassero maggiori di dette soglie, la DL, anche tenendo conto dell’effettiva estensione e della distribuzione di tali tratte, potrà richiedere, a completa cura e spese dell’Appaltatore, l’asportazione completa con fresa di adeguati spessori di conglomerato ed il rifacimento con eventuali imbottiture degli strati fresati per tutta la larghezza dell’intervento; la nuova superficie sarà comunque soggetta alle stesse condizioni di controllo e agli stessi requisiti di regolarità precedentemente descritti.

5.19.4 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 verifiche in termini contrattuali; altre misure, effettuate in corso d’opera sugli strati più bassi e/o intermedi, potranno essere usati dalla DL per dare indicazioni all’Impresa esecutrice, che comunque sarà valutata sul risultato finale⁴.

Le Riparazioni Superficiali di Soccorso (RSS come descritte in appendice) ed i Trattamenti Superficiali (TS come descritti in appendice) non prevedono accettazioni sulla portanza.

Le misure con FWD saranno effettuate con gli strumenti del CSS o anche da Laboratori accreditati ISO9001, purché operanti con le specifiche ed attrezzature verificate preventivamente dal CSS⁵; esse avranno una cadenza minima di una valutazione ogni 20 o ogni 50 metri, in funzione dell’effettiva estensione dell’intervento, oppure su distanze minori indicate della DL. Per ogni stazione di misura si dovranno eseguire 3 ripetizioni di carico imponendo un assegnato sforzo pari a 1700 KPa, il bacino di riferimento è il bacino registrato nella terza ripetizione. Le misure si estenderanno a tutto il tratto dell’intervento.

Con le nuove apparecchiature per le misure in velocità tipo Traffic Speed Deflectometer il rilevamento del parametro strutturale avverrà in continuo ed ad alta velocità.

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.

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.

⁵ Le verifiche consisteranno nella misura di tratti indicati dai tecnici del CSS e dall’esame dei risultati ottenuti con l’attrezzatura e le specifiche da validare, tali verifiche non si rendono necessarie se il Laboratorio è accreditato ISO17025.

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 conseguire.

Le valutazioni di portanza effettuate su strade di nuove costruzioni, o su strade esistenti, tengono conto delle diverse condizioni di lavorazione obiettivamente legate alla presenza o meno del traffico stradale.

Nell’ambito dei Risanamenti Profondi o delle Nuove Costruzioni la portanza sarà valutata attraverso l’indicatore strutturale IS300, corretto con la temperatura dell’aria come di seguito descritto, valutato e rilevato, con le stesse modalità ed attrezzature sopra descritte ma giudicato attraverso la tabella di controllo seguente:.

Tipologia lavorazione	IS300 _{14°C} misura FWD con pressione applicata 1700 KPa			IS300 _{14°C} misura TSD con pressione applicata 850 KPa		
	1 mese	6 mesi	1 anno	1 mese	6 mesi	1 anno
RPA1	84	72	67	48	41	39
RPA2	88	80	77	50	46	44
RPA3	67			39		
RPB1	106	86	76	59	48	44
RPB2	102	89	83	58	51	47
RPB3	76			44		
NC1	76	66	61	43	37	35
NC2	98	79	70	54	44	40

I differenti valori di 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} = D₉₀₀ - D₁₅₀₀, essendo le deformazioni misurate in m·10⁻⁶ rispettivamente a 900 e 1500 mm dal centro del carico, f è il fattore correttivo che vale 1,94 per le prove eseguite con l’apparecchiatura FWD o HWD e 1,77 per le prove eseguite con l’apparecchiatura TSD.

IS_{FOND} rappresenta il comportamento del sottofondo⁶.

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:

$$\frac{IS_{14°C}}{IS_t} = e^{c \times (14-T)}$$

⁶ IS_{FOND} è una misura della capacità portante fornita dagli strati inferiori non legati.

dove $IS_{14^{\circ}C}$ è il valore dell'Indice Strutturale riportato alla temperatura di riferimento dell'aria di $14^{\circ}C$

IS_t è il valore dell'Indice Strutturale nelle condizioni di prova

t è la temperatura dell'aria nelle condizioni di prova in $^{\circ}C$

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 $14^{\circ}C$, 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.

5.19.5 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 CSS⁷;

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.

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

⁷ Le verifiche consisteranno nella misura di tratti indicati dai tecnici del CSS e dall'esame dei risultati ottenuti con l'attrezzatura e le specifiche da validare, tali verifiche non si rendono necessarie se il Laboratorio è accreditato ISO17025.

progetto, ammettendo una tolleranza massima del 7% (esemplificando, se la differenza è del 10% rispetto al valore di progetto, la penale sarà del $((10 - 7) \cdot 3) \% = 9 \%$); se invece la differenza raggiungesse il 25%, esclusa la tolleranza, la DL, anche tenendo conto dell'effettiva estensione e della distribuzione delle tratte omogenee carenti, potrà richiedere il suo rifacimento a completa cura e spese dell'Appaltatore.

5.19.6 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%.

5.20 Drenaggi

5.20.1 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.

5.20.2 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.

5.20.3 Drenaggi A Scavo Automatizzato E Con Riempimento In Calcestruzzo Poroso (Per Drenare Zone Già Pavimentate)

I drenaggi laterali delle pavimentazioni lungo la mezzzeria 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 articolo 11.2.; in alternativa si potrà usare sul fondo dello scavo una platea in calcestruzzo di classe Rck 20Mpa, 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 vibrocosteripatori 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.

5.21 Sigillatura Di Lesioni O Giunti Di Strisciata

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.

5.21.1 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.

5.21.2 Sigillatura Delle Lesioni Delle Pavimentazioni Eseguita Con Nastro Bituminoso Preformato E Autoadesivo

Il nastro bituminoso deve essere impiegato per sigillare e chiudere lesioni sulle usure e sui drenanti con la funzione di impedire (o diminuire) l'entrata dell'acqua nella lesione e evitare la disgregazione della pavimentazione intorno alla lesione. Il nastro è composto da bitume 80/100 modificato con SBSr al 15-18% in peso con larghezza compresa tra 40 e 100 mm e spessori 4 + 0,2mm

Parametri richiesti:

Palla e anello (°C)	>200
Penetrazione (dmm)	10-30
Ritorno elastico % (perpendicolare alla superficie di attacco)	≥ 60%
Adesività sul calcestruzzo N/cm ² (sec DIN 1996 parte 19 mod)	≥ 708
Scorrimento verticale a 60°C per 5 ore N/cm ² (sec SNV 671916) %	≤ 1mm

La posa in opera deve essere eseguita su superfici asciutte, prive di elementi scivolosi e di impurità.

La posa in opera deve essere effettuata con temperature dell'aria superiori a 10 °C e dopo la stesa il traffico completa la costipazione ed il fissaggio.

Alla fine della stesa per evitare il rischio di spostamento e/o adesioni tra nastro e pneumatici il nastro deve essere uniformemente 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) è indicato solo in casi particolari.

5.21.3 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).

5.22 Armatura Di Giunti Longitudinali Per Ridurre La Trasmissione Delle Fessure E Gestione Degli Scavi Per Sottoservizi

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.

5.22.1 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 miscela 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 al quale si rimanda per tutte le prescrizioni non menzionate espressamente), ma con vuoti girettoria 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 miscela 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.

5.22.2 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 in sottofondo; in alternativa, in luogo della sega potranno essere usate idonee fresatrici a freddo per la rimozione della pavimentazione legata.

Se la realizzazione dell'intervento per 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.

5.22.3 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.

5.22.4 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.

5.22.5 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.

5.22.6 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.

6 GALLERIE

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 applicazione in 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.

6.1 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 prescrizioni 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 provvisori, 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 sistemi 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 provvisorie 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.

6.2 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"

6.3 Scavi

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.

6.3.1 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. 6.3.2.1

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

6.3.1.1 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.

6.3.1.2 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.

6.3.2 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 assistente;
- 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 allargamento;
- 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.

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.

L'arco-rovescio, 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 alcuna tolleranza in meno sullo spessore del rivestimento definitivo.

Nel progetto esecutivo dovranno essere indicate tutte le precauzioni, limitazioni, mezzi di sostegno provvisori, consolidamenti, attrezzature e modalità esecutive che si ritengono 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.

6.3.2.1 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 disgregate 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.

6.3.2.2 scavo in presenza di acqua

Al fine di limitare quanto più possibile il drenaggio dell’acqua ed il conseguente impatto idrogeologico sul territorio dovranno essere adottati dall’impresa gli interventi previsti in progetto di seguito descritti, finalizzati a costituire un adeguato controllo degli effetti indotti dalla realizzazione delle gallerie sull’assetto idrogeologico del territorio attraversato, sia nel breve sia nel lungo termine.

Indagini in avanzamento

Per poter verificare, in anticipo rispetto all’arrivo del fronte di scavo, la presenza di possibili venute d’acqua da fasce di fratturazione/faglie e/o da cavità carsiche, si prevede l’esecuzione sistematica di n° 6 perforazioni in avanzamento, a distruzione di nucleo, aventi ciascuna lunghezza $L \geq 27m$ e sovrapposizione $s \geq 9m$.

Le caratteristiche geometriche delle perforazioni sono illustrate in dettaglio negli specifici elaborati grafici di progetto.

In presenza di acqua intercettata dalle perforazioni in avanzamento sarà necessario eseguire misure di portata e di pressione.

Inoltre, in presenza di cavità carsiche rilevate dalle perforazioni in avanzamento saranno da prevedersi indagini sismiche in avanzamento.

Le caratteristiche geometriche delle indagini sismiche sono illustrate in dettaglio negli specifici elaborati grafici di progetto.

Iniezioni di impermeabilizzazione in avanzamento:

Qualora si rilevino, dalle perforazioni in avanzamento, venute d'acqua con portata $Q \geq 3\div 4$ litri/secondo circa dovranno prevedersi iniezioni di impermeabilizzazione in avanzamento.

Le caratteristiche geometriche di tali iniezioni sono illustrate in dettaglio negli specifici elaborati grafici di progetto.

Iniezioni di riempimento cavità carsiche:

In presenza di cavità carsiche rilevate dalle perforazioni in avanzamento, vengono previste indagini sismiche al fine di meglio individuare l'ubicazione e le dimensioni delle cavità stesse

Una volta individuate ubicazione e dimensioni della cavità si eseguiranno ulteriori perforazioni in avanzamento, propedeutiche alla successiva fase di riempimento mediante miscele cementizie, che dovrà avvenire in anticipo rispetto all'intercettazione della cavità stessa con la sagoma di scavo.

Sistema di impermeabilizzazione e drenaggio tipo 2 a drenaggio controllato:

In caso di venute d'acqua con portata $Q > 1.0$ litri/secondo per 10m di galleria, il progetto prevede l'adozione del sistema di impermeabilizzazione TIPO 2, finalizzata a inibire il drenaggio dell'acqua e l'impatto idrogeologico conseguente, secondo quanto riportato negli appositi elaborati progettuali.

In particolare tale sistema nello scavo in tradizionale prevede che il sistema d'impermeabilizzazione mediante telo in pvc sia full-round, al fine di inibire il drenaggio in galleria. Il sistema prevede comunque la presenza di idonee tubazioni di raccolta acque e di scarichi su appositi pozzetti. Tali scarichi sono chiusi da valvole di tenuta che si aprono quando il carico idraulico supera il valore di 6-7 bar. In tal modo è possibile evitare che il carico idraulico sui rivestimenti definitivi non superi tale valore, mettendo in crisi la statica degli stessi.

Le valvole sono del tipo "Pressure Relief Valve DHV 712 DN100" della Stubbe italia S.r.l., con pressione nominale di 6bar e raccordo al tubo cieco di scarico $\varnothing 160$, o valvole di regolazione di altro produttore, purché con caratteristiche equivalenti.

Rivestimenti definitivi e relativa impermeabilizzazione avvicinati al fronte (scavo in tradizionale):

Qualora la portata emunta per 10 m di galleria risulti compresa tra $1 < Q \leq 5$ l/sec la distanza del getto del rivestimento definitivo dal fronte e la corrispondente messa in opera dell'impermeabilizzazione TIPO 2 non dovrà superare il valore **D= 4 diametri di scavo** (fermo restando le prescrizioni relative alle varie sezioni tipo, se più restrittive).

Qualora la portata emunta per 10 m di galleria risulti compresa tra $5 < Q \leq 10$ l/sec la distanza del getto del rivestimento definitivo dal fronte e la corrispondente messa in opera dell'impermeabilizzazione TIPO 2 non dovrà superare il valore **D= 2 diametri di scavo**.

Qualora la pressione idraulica misurata con appositi manometri nelle perforazioni in avanzamento risulti essere **P > 5 bar**, per il getto dei rivestimenti definitivi di AR, murette e calotta si dovrà provvedere ad utilizzare un cls di classe superiore (C 32/40 per scavo tradizionale e C 45/50 per scavo in meccanizzato CONCI TIPO 2).

Ove le venute d'acqua risultino particolarmente localizzate o puntuali, si potrà ricorrere, in alternativa, ad iniezioni impermeabilizzanti.

Prescrizioni generali:

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 pre-forati 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.

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.

6.3.2.3 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.

6.3.3 Scavo meccanizzato

Nella presente sezione vengono indicate le caratteristiche minime prestazionali che l’attrezzatura di scavo meccanizzato dovrà soddisfare. Le caratteristiche si riferiscono ad una fresa in grado di operare in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compresa roccia dura da mina, asciutti e bagnati, con le modalità di avanzamento a fronte chiuso (con funzionamento del tipo EPB) ed a fronte aperto in roccia, secondo la tipologia di **TBM “dual mode”**, come da elaborati di progetto.

6.3.3.1 caratteristiche della fresa

La scelta della tipologia di macchina da impiegare è stata valutata in fase di Progetto Definitivo sulla base di una serie di fattori legati alla natura ed alle caratteristiche delle formazioni interessate dallo scavo, nonché alle caratteristiche plano-altimetriche

dell'infrastruttura da realizzare e alle problematiche legate all'interazione con le preesistenze di superficie

Nello specifico, la TBM deve consentire la possibilità di effettuare facilmente fori in avanzamento attraverso il mantello dello scudo dalle aperture previste allo scopo per eseguire sondaggi a distruzione di nucleo e a carotaggio continuo e interventi di consolidamento al contorno del fronte di scavo, attraverso tubi di iniezione.

L'insieme delle attrezzature da impiegarsi per la realizzazione della galleria dovrà comprendere:

a) La testa fresante che, con i suoi organi di azionamento, dovrà essere:

- dotata di un sistema di trasmissione della rotazione e di controllo potenza dei motori in grado di assorbire gli shock generati da un eventuale blocco della rotazione;
- con la possibilità di ruotare in entrambe le direzioni per manutenzione e sbloccaggio della stessa;
- equipaggiata con i necessari utensili (raschiatori, denti, picchi, dischi) fra loro intercambiabili, idonei allo scavo dei terreni da attraversare, sia per rocce tenere che per rocce tenaci, sia per materiale sciolto;
- realizzata in modo da consentire la sostituzione degli utensili solo dal retro;
- dotata di ugelli per l'iniezione di prodotti (schiume, polimeri, fanghi bentonitici, acqua, ...);
- fornita di uno o più denti extrascavo (copycutter) a comando idraulico continuo effettuato dalla cabina comando, con la possibilità di attivarne solo alcuni, per sovrascavi localizzati, o tutti insieme, per allargare il diametro di scavo in terreni convergenti;
- fornita di barre rimpiazzabili per miscelare il terreno all'interno della camera di scavo;
- dotata di cuscinetto principale permanentemente lubrificato con sistemi in pressione e trafilatura continua di grasso lubrificante per evitare qualsiasi contaminazione proveniente dall'esterno;
- con la possibilità di sostituire sia le guarnizioni di tenuta idraulica del suddetto cuscinetto che l'organo medesimo dall'interno della galleria senza ricorrere ad interventi esterni tipo pozzi;
- con il sistema di recupero materiale a tazze in camera di scavo, per consentire lo smarino via nastro trasportatore, durante il funzionamento in roccia.

b) Il mantello che, per assicurare la stabilità del cavo e il sostegno della testa fresante, dovrà essere:

- predisposto con feritoie sul contorno di calotta per il passaggio delle aste di perforazione, per effettuare sondaggi in avanzamento e trattamenti di consolidamento al contorno del fronte di scavo;
- dotato di fori per iniettare liquidi lubrificanti idonei a diminuire l'attrito tra scudo e terreno.

c) La camera di scavo che dovrà essere:

- dotata di un diaframma di tenuta stagna che la separa dal resto della macchina e dimensionata per pressioni di almeno 6 bar;
 - dotata di misuratori della pressione delle terre (almeno 3 coppie di sensori disposti su tutta l'altezza della camera di scavo) collegati al sistema automatico d'operazione e controllo dello scudo;
 - dotata di ugelli per l'iniezione di prodotti (schiume, polimeri, fanghi bentonitici, acqua etc.) per migliorare le condizioni del terreno;
 - fornita di un certo numero di portelloni per accedere alla camera di scavo per consentire l'ispezione, la manutenzione e gli eventuali interventi di riparazione;
 - equipaggiata con barre fisse per il mescolamento del terreno;
 - munita di passaggi per tubazioni dell'acqua e cavi elettrici, agganci ed alloggiamenti specifici per scale, piattaforme etc.;
 - fornita di punti di collegamento per comunicare all'esterno, di punti di collegamento illuminazione, di punti per l'approvvigionamento dell'aria compressa ad uso industriale, di un sistema per l'ingresso dell'aria compressa respirabile etc.
- d) La coda del mantello, che dovrà essere equipaggiata con quattro file di guarnizioni a spazzola applicate sul contorno interno e condotti di lubrificazione e iniezione longitudinali integrati nella costruzione; dotata di guarnizioni antiriflusso applicate sul bordo d'uscita per evitare il trafilamento della miscela d'intasamento nella camera di scavo.
- e) Il sistema di articolazione idraulica attiva, installato tra il corpo anteriore ed il corpo centrale dello scudo per consentire l'arretramento del corpo anteriore con la testa e per le eventuali correzioni di rotta.
- f) L'attrezzatura di spinta, costituita da martinetti oleodinamici agenti sulla struttura di spinta (anello di rivestimento) e dotati di misuratori elettronici di corsa.
- g) Il back-up, completo di tutti i macchinari ed accessori per l'azionamento dello scudo (motori, pompe, quadri elettrici, cabine di trasformazione, quadri di distribuzione elettrica, avvolgicavi, cabina di controllo e comando scudo, nastri per il trasporto del materiale estratto, impianti di lubrificazione dei vari organi meccanici, organi di sollevamento, allacciamenti idraulici, pneumatici ed elettrici, dispositivi di sicurezza etc.) compresa la cabina di comando e controllo.
- h) Il sistema di movimentazione e posa in opera del rivestimento della galleria, tramite erettore ad anello, scorrevole su ponte e azionabile a distanza tramite radiocomando, per l'aggancio, il sollevamento, la movimentazione radiale e longitudinale ed il posizionamento del concio, inclusi tutti i necessari dispositivi di sicurezza per l'aggancio.
- i) Il convogliatore dei conci di rivestimento per il trasporto dei medesimi dalle piattine porta conci all'erettore.
- j) Un doppio sistema di estrazione dello smarrino dal fronte.
- Nel caso di funzionamento in modalità "chiusa", lo smarrino avverrà per mezzo di una coclea che scarica sul nastro trasportatore del back-up, fornita di porta con

- ghigliottina ad apertura variabile, dotata di un dispositivo per invertire il senso di rotazione, in caso di bloccaggio per evitare danni sulla struttura stessa, di ugelli per permettere l'iniezione di specifici prodotti per il trattamento del materiale (schiume, fanghi bentonitici) e sensori per il controllo della pressione. La coclea deve poter essere ritirata idraulicamente per permettere le operazioni di controllo e manutenzione mentre due porte stagne chiudono ermeticamente la camera di lavoro per evitare perdite di pressione all'interno della stessa; l'elica e l'interno della camicia devono essere rivestite con materiale antiusura.
- Nel caso di funzionamento in "modalità aperta", lo smarrino avverrà invece per mezzo di un nastro trasportatore collocato più o meno in asse galleria, secondo la classica configurazione di una TBM da roccia, previo il ritiro della coclea attraverso il dispositivo idraulico di cui essa è dotata.
- k) Il sistema addizionale di regolazione e controllo automatico e manuale (AFSS Additional Face Support System) per l'iniezione di bentonite e/o schiume nella camera di scavo per compensare durante i fermi il rilassamento delle pressioni del materiale, nonché del livello, all'interno della camera di scavo.
- l) Il sistema di iniezione di diversi prodotti (schiume, polimeri, fanghi bentonitici) per il condizionamento del terreno scavato compreso il sistema per la generazione di schiuma, comprendente 8 linee.
- m) I dispositivi di rilevamento e di registrazione dei principali parametri operativi, con restituzione grafica in tempo reale, quali:
- cicli di avanzamento dello scudo;
 - assorbimento potenza elettrica;
 - velocità, coppia e pressioni di rotazione della testa fresante;
 - posizione e pressione dell'overcutter;
 - pressione della miscela d'iniezione e pressione di pompaggio del grasso coda;
 - rilevamento dell'estensione dei martinetti di spinta in fase di avanzamento e di fermo, pressione dei martinetti di articolazione e pressione di spinta dei martinetti (per gruppi e/o singolarmente);
 - volumi e pressioni del sistema di iniezione degli agenti schiumogeni per il trattamento del terreno;
 - pressioni delle terre nella camera di scavo, pressioni nella coclea e pressione dell'aria compressa;
 - temperature e livelli oli relativi ai singoli sistemi oleodinamici (scavo, spinta, erettore, convogliatore smarino, convogliatore conci, overcutter etc.).
- n) Il monitoraggio effettivo della quantità scavata, attraverso il controllo del peso del materiale estratto mediante due bilance disposte sul nastro trasportatore del back-up.
- o) I sistemi di controllo e registrazione dei parametri spaziali della macchina in rapporto all'asse teorico della galleria, basato sull'impiego di raggio laser e costituito da:
- sistemi di rilevamento del punto laser sulla sezione di scavo;

- sistema inclinometrico per il controllo dell’assetto assiale e trasversale del corpo macchina;
 - elaboratore dei dati strumentali;
 - schermo di lettura degli scostamenti attuali e previsti dell’asse piano-altimetrico reale dello scavo rispetto all’asse teorico (sistemi tipo ZED INSTRUMENTS, DYWIDAG o equivalenti);
 - rilevamento della progressiva d’avanzamento.
- p) I sistemi di monitoraggio atmosferico, in grado di rilevare, tramite un minimo di 8 sensori, carenza di ossigeno e la presenza di gas infiammabili (es. metano), di gas tossici e radioattivi (es. radon), a diverse soglie d’allarme, tramite azionamento di segnali acustici e ottici nel caso di concentrazioni pericolose di gas tossici e/o infiammabili, con eventuale fermo macchina totale al superamento della prefissata soglia di concentrazione.
- q) Il sistema d’iniezione a pressione della miscela per l’intasamento del vuoto tra l’estradosso del rivestimento e il terreno attraversato, dotato di un sistema di regolazione e controllo automatico delle pressioni d’iniezione e di un sistema sincronizzato con l’avanzamento della macchina. Le iniezioni devono essere eseguite da almeno 6 punti distribuiti uniformemente sulla coda del mantello. Ogni condotto di iniezione e canna d’uscita deve essere doppio (totale 6x2) per assicurare l’efficienza del sistema anche nel caso di intasamento di una linea.
- r) L’impianto per il confezionamento, l’alimentazione e l’iniezione di agenti schiumogeni e/o liquidi biodegradabili per omogeneizzare e lubrificare i terreni scavati.
- s) L’impianto di raffreddamento dell’olio dei motori idraulici della macchina.
- t) I sistemi di trasporto per lo smarino, i concetti prefabbricati, le attrezzature, i macchinari e i materiali occorrenti attraverso la galleria.
- u) Specifiche camere iperbariche, dotate di un impianto antincendio ad acqua pressurizzata per ogni compartimento interno:
- una doppia camera iperbarica per il personale, con capacità pari al numero di personale di turno aumentata di cinque persone, installata sullo scudo e con aperture che permettono il passaggio di una lettiga per il trasporto degli eventuali infortunati;
 - una camera iperbarica di terapia installata all’esterno (nell’infermeria);
 - una camera iperbarica per la movimentazione di materiali ed utensili omologate secondo le normative specifiche richieste dalla legge italiana in materia.
- v) L’impianto per la produzione di aria compressa, compreso quello di emergenza (quest’ultimo eventualmente installato sul back-up), che dovrà essere dotato di un sistema di trattamento per renderla respirabile negli ambienti dove essa è prevista (per pressurizzare la camera iperbarica per il personale, la camera di materiali e la camera di scavo); dovrà essere previsto il sistema di regolazione automatico dell’aria compressa in entrata e in uscita negli ambienti dove ne è previsto l’uso per pressioni di lavoro.
- w) Il sistema automatico antincendio.
- x) Il sistema di rilevamento geoelettrico in avanzamento, tipo BEAM (lunghezza $\geq 30\text{m}$) o similare, per la previsione della tipologia di roccia/terreno da scavare e per il rilevamento

in avanzamento di fasce di faglia, vuoti e cavità carsiche, accumuli di acqua ed ogni variazione significativa dei valori di porosità relativa e resistività del terreno.

y) Le attrezzature speciali di perforazione e di iniezione per l’esecuzione di sondaggi esplorativi per eventuali consolidamenti del contorno del cavo attraverso il mantello dello scudo, comprese le valvole tipo “preventer” per evitare entrate incontrollate di materiale e acqua. Le attrezzature dovranno consentire l’esecuzione di:

- n° 6 perforazioni in avanzamento dalla testa fresante in continuo, a distruzione di nucleo, aventi ciascuna lunghezza $L \geq 27\text{m}$ e sovrapposizione $s \geq 9\text{m}$;
- n°4 perforazioni radiali dalla testa fresante lunghe 20m ciascuna e una in direzione di avanzamento di lunghezza pari a 50m, per eseguire indagini tomografiche e sismiche crosshole ogni 35m, ove necessario;
- consolidamenti al contorno, eseguito dallo scudo, mediante n°22 tubi $l=15\text{m}$ in PVC 3vlv/m, iniettati ad alta pressione, in caso di zone di faglia;
- iniezione di miscele cementizie dalla testa fresante e dallo scudo (in base alla posizione e alla dimensione dei vuoti) per stabilizzare le cavità carsiche.

6.3.3.2 Prescrizioni tecniche macchine da scavo

La testa fresante dovrà avere un diametro di scavo di 14.75-14.85m, incrementabile di 5-10cm grazie ai copycutter, e lo scudo dovrà permettere il montaggio del rivestimento definito della galleria, di diametro esterno pari a 14.3m, considerando lo spazio necessario per le 4 file di spazzole.

Le benne di carico della testa dovranno essere parzializzabili idraulicamente per limitare l’ingresso di materiale in terreni fortemente instabili e l’apertura della testa dell’EPB dovrà essere tra il 32 e il 36%.

La fresa dovrà fornire una spinta pari almeno a 220MN, garantendo una coppia di 60MNm, e, in funzionamento da EPB, dovrà essere in grado di generare una pressione di supporto fino a 6bar in asse fresa

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, previsto bidirezionale, dovrà garantire una coppia di sbloccaggio pari ad almeno 1.5 volte la coppia nominale massima tale da permettere la ripartenza della TBM.

La velocità di rotazione e traslazione devono essere quindi dimensionate 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.

6.3.3.3 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;
- identificati, riportandone le caratteristiche nel Documento di trasporto;
- 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”.

6.3.3.4 Rivestimenti

In accordo con le previsioni di progetto, 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 a formare l’anello di diametro esterno pari a 14.3m e diametro interno pari a 13.3m. Ogni concio, di spessore pari a 0.5m e lunghezza pari a 2m circa in direzione di sviluppo della galleria, sarà identificato tramite una scritta realizzata nel getto stesso (o tramite apposita targhetta nei casseri) riportante le seguenti informazioni:

- tipologia del concio (Tipo 1, Tipo 2) ;
- identificazione del concio (A di chiave e B-C-D-E-F-G-H-I-L ordinari);
- identificativo della serie di casseri di origine (1, 2, 3,...);
- classe di resistenza del conglomerato cementizio (R_{ck} , 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:

- sistema a connettore (tipo bi-block), in numero di 4 per i conci ordinari e 2 per il concio di chiave, per i giunti longitudinali (tra anello e anello);
- 2 bulloni metallici $\varnothing 28.5\text{mm}$ e una barra guida per ogni giunto radiale (tra concio e concio).

Sui 4 lati a contatti con gli altri conci, ogni segmento dovrà essere muniti di guarnizioni in etilene-diene (EPDM), posizionate in fase di getto del calcestruzzo per assicurare la tenuta idraulica ed evitarne lo sfilamento in fase di montaggio; le guarnizioni devono assicurare l'impermeabilità del rivestimento definitivo per una pressione di progetto pari a 20bar, nella condizione di gap pari a 4mm e offset di 15mm tra 2 conci adiacenti.

Ogni concio costituente l'anello di rivestimento dovrà avere un copriferro non inferiore a 50 mm e soddisfare la classe di resistenza al fuoco "REI" R120.

Il calcestruzzo dovrà avere un valore minimo di resistenza a compressione cubica, espressa come resistenza caratteristica R_{ck} , a 28 gg., definito dal progetto e pari a 45MPa e 50MPa, in base alla tipologia di concio.

Il conglomerato cementizio dovrà essere confezionato con cementi pozzolanici o d'altoforno 32.5R-42.5R e presentare, in ogni caso, durabilità riferita ad una classe di esposizione ambientale non meno impegnativa della XD1+XC3+XF2, per i primi 100m da imbocco, e della XC3 per la restante parte, 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 scasso, (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 ≤ 0.55 (≤ 0.5 dove la classe di esposizione è XD1+XC3+XF2)

- 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 di 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.

Per evitare la presenza di vuoti nel calcestruzzo e la segregazione degli aggregati, i casseri metallici dovranno essere sottoposti ad adeguato ciclo di vibrazione in fase di getto del calcestruzzo.

Al fine di consentire una facile operazione di scassatura 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; i dispositivi di presa dei conci con ventose a vuoto non dovranno interferire con le cave per l'alloggiamento dei bulloni e con le altre depressioni sulla superficie di intradosso dei conci e, per assicurare un corretto allineamento degli stessi in fase di montaggio, dovranno essere inserite specifiche indicazioni sull'intradosso dei conci.

I conci dovranno inoltre prevedere dei fori $\varnothing 75\text{mm}$ per le perforazioni necessarie per i consolidamenti al contorno mediante elementi in PVC iniettati con miscele cementizie impermeabilizzanti.

In fase di fabbricazione, i conci dovranno rispettare le geometrie di progetto, ammettendo i seguenti scarti rispetto ai valori teorici:

- rialzo $\pm 0,5$ mm
- larghezza $\pm 0,5$ mm
- raggio, corda dell'arco $\pm 1,0$ mm
- lunghezza dell'arco $\pm 1,0$ mm
- posizione inserti $\pm 1,0$ mm
- spessore $\pm 2,0$ mm
- cave per guarnizioni $\pm 0,3$ mm lunghezza; + 0,3 mm larghezza.

In fase di montaggio, una volta costituito l'anello universale, lo scostamento dell'asse reale della galleria rispetto all'asse teorico di progetto non dovrà risultare superiore a +/- 10 cm sia altimetricamente che planimetricamente.

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

6.3.3.5 Prescrizioni

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 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.

Sarà a carico dell'Impresa esecutrice:

- il montaggio, lo smontaggio e la traslazione della macchina e delle attrezzature necessarie, finalizzati allo scavo delle due canne, compresa la costruzione e successiva rimozione/demolizione delle opere murarie di sostegno di contrasto e telai di spinta; lo scavo avverrà dall'imbocco sud, per una prima canna e, successivamente alla traslazione della TBM e delle attrezzature necessarie, per la seconda;
- l'analisi del 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 sud della galleria Cogollo, di smontaggio all'imbocco Nord e di rimontaggio della stessa TBM all'imbocco sud per realizzare la seconda canna. 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 e dovrà inoltre essere possibile il trasporto a ritroso del backup lungo la prima galleria scavata e rivestita, per poter poi riagganciarlo alla testa della TBM, precedentemente riposizionata all'imbocco sud in corrispondenza della seconda canna;
- il trasporto della TBM e delle attrezzature in cantiere ed il suo smaltimento a fine lavoro; la manutenzione della TBM, del back-up, degli impianti, macchinari ed

attrezzature a corredo, sia all'interno che all'esterno del cantiere, compreso il materiale di manutenzione, ricambio e consumo;

- il progetto della TBM;
- la messa a disposizione della macchina di scavo con relativo back-up, la quota di ammortamento della macchina principale e di tutte le attrezzature ausiliarie ed impianti da prevedere, ivi compresi i nastri per il trasporto del materiale di scavo all'esterno;
- le attrezzature ed apprestamenti di Cantiere per il funzionamento della TBM,
- eventuali fermi delle attrezzature di scavo dovuti a rotture, manutenzioni programmate e straordinarie, sostituzioni di parti meccaniche, mancanza d'energia, eccc,;
- 1 fermo a canna necessario per la modifica del funzionamento della macchina da fronte chiuso (modalità EPB) a fronte aperto (scavo in roccia), compreso la modifica del sistema di smarino, da coclea a nastro trasportatore con modifica del sistema di raccolta del materiale scavato all'interno della testa della TBM;
- i fermi per le attività di controllo e monitoraggio in avanzamento, descritti in progetto;
- il trasporto del materiale di risulta all'aperto;
- gli oneri per l'esecuzione su campioni di terreno o direttamente in sito dei test di sperimentazione e taratura del dosaggio, sia per gli additivi di condizionamento del terreno che per le miscele di iniezione per l'intasamento dei vuoti di coda;
- la fornitura e posa in opera dei conci prefabbricati nelle tipologie previste a progetto, previo stoccaggio dei conci stessi nelle aree di cantiere, ivi compresi i conci di attacco sotto la dima;
- il controllo in stabilimento della geometria dei singoli conci nel rispetto delle specifiche progettuali indicate;
- le casseformi, i tubi di alloggiamento dei bulloni, il ferro d'armatura, gli inserti occorrenti e le guarnizioni di tenuta come da progetto;
- la movimentazione e la gestione ed il trasporto dei conci dall'area di stoccaggio al luogo d'impiego in sotterraneo;
- la posa in opera dei bulloni di acciaio, dei connettori e di tutti gli inserti occorrenti;
- la fornitura e la posa in opera del riempimento dello spazio esistente tra il profilo dello scavo e l'estradosso dei conci prefabbricati secondo quanto previsto dagli elaborati di progetto (malta bi-componente nei tratti di funzionamento in EPB, pea-gravel iniettato nei tratti di funzionamento a fronte aperto in roccia), comprensiva dell'impianto di confezionamento;
- le eventuali iniezioni di intasamento di seconda fase attraverso i fori predisposti nei conci di rivestimento, compresa la fornitura ed il trasporto del materiale necessario;

- il rilevamento geoelettrico in avanzamento, le perforazioni e iniezioni dalla testa fresante e dal mantello;
- l'illuminazione, la ventilazione, l'alimentazione elettrica ed idrica ed il carburante occorrenti per eseguire l'opera a regola d'arte;
- gli eventuali aggettamenti ed il trattamento delle acque provenienti dallo scavo;
- l'acquisizione e la gestione automatica dei dati relativi all'avanzamento della macchina;
- la mano d'opera, i mezzi, i materiali occorrenti ed ogni altra prestazione addizionale e provvisoria per dare l'opera finita (consumi di agenti schiumogeni e/o liquidi biodegradabili, polimeri etc., per omogeneizzare e lubrificare i terreni da scavare, grassi, oli, cutters e utensili di scavo ...);
- il monitoraggio in corso d'opera all'interno della galleria secondo le specifiche contrattuali;
- l'esecuzione del monitoraggio per il controllo del terreno, dei fabbricati e delle strutture situate lungo il tracciato della galleria;
- l'esecuzione di tutti gli allacciamenti elettrici, idrici e relativi consumi compresi i materiali ed attrezzature necessarie;
- tutta la necessaria documentazione da presentare agli Enti interessati all'esecuzione dell'attraversamento in galleria;
- tutti gli oneri per le spese del personale addetto alla realizzazione dell'opera nonché l'utilizzo di qualificate risorse umane, di attrezzature ordinarie o speciali, di servizi di consulenza specializzata necessari, a giudizio e responsabilità dell'Impresa, per la puntuale e completa esecuzione dell'opera nel pieno rispetto delle vigenti norme di sicurezza del lavoro e protezione ambientale;
- comunque tutti gli oneri non espressamente riportati nella presente descrizione ma necessari per realizzare la galleria secondo quanto riportato nelle specifiche e negli elaborati di progetto.

6.3.4 Scavo in ambienti grisutosi

In base alle indagini eseguite e considerando la natura del materiale scavato (calcare più o meno fratturato e detriti), non è prevista la presenza di gas infiammabili, tossici e radiattivi.

Nel caso in cui i sistemi di monitoraggio rilevino la presenza di questi gas, 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 ventilazione 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 esplosivi;
- installazione, all’interno della galleria di apparecchiature fisse e mobili, di rilevazione di gas nocivi o esplosivi 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 grisutosi 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 esplosivo 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 esplosivi, 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

Prescrizioni per lo scavo in terreni grisutosi”.

6.4 Interventi Di Presostegno e Preconsolidamento

6.4.1 *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 prefiori 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 alloggiamento. La 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 del 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 più 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.

Sulla miscela cementizia impiegata, dovranno essere effettuati i medesimi accertamenti riportati nel punto 6.5.2 del presente Capitolato.

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.

I tubi in vetroresina di prova dovranno essere eseguiti al fronte in corrispondenza del primo campo di scavo con sezioni tipo B2V e C2V, rappresentativo della zona di intervento dal punto di vista geotecnico e idrogeologico.

Il campo prova si ispira a quanto previsto nelle Raccomandazioni AICAP-AGI "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce", edizione Giugno 2012, valido per i tiranti, con le necessarie modifiche dovute alla differente tecnologia.

A progetto si è assunto che all’interfaccia tra VTR e miscela di riempimento la massima τ a sfilamento sia pari a 100kPa che, per un VTR (per i quali è prevista una sovrapposizione minima pari a 6m), significa considerare una massima forza a sfilamento di 188kN, pari al 20% della forza a rottura del VTR.

Injection grout properties

Grout-soil bond	τ_a [kPa]	100
Injection penetrability coeff.	α_1 [-]	1.0

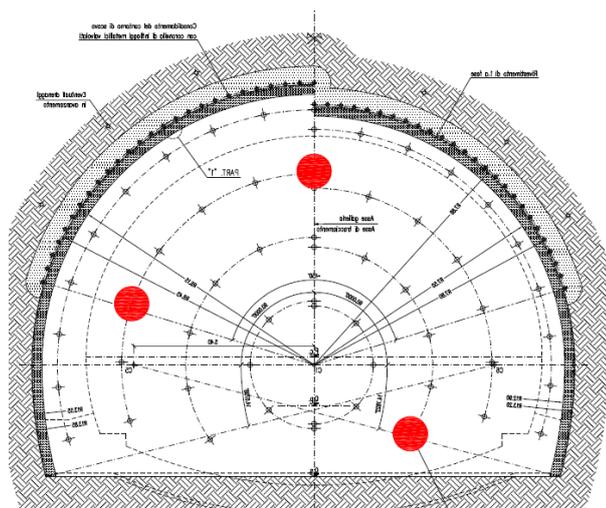
Face VTR Bars properties

Unit Tensile strength	σ_b [MPa]	600.0
Drilling diameter	\varnothing_{dril} [mm]	100.0
External diameter	\varnothing_{ext} [mm]	60.0
Thickness	th_b [mm]	10.0
Single bar Cross sectional area	A_b [mm ²]	1571
Overlapping length	L_{LAP} [m]	6

Single bar Tensile strenght	T_T [kN]	942
Single bar Pull-out strenght	T_F [kN]	188
Max. resistance offerd by bars	T_{max} [kN]	188

Le sezioni tipo B2V e C2V prevedono 51 VTR al fronte e quindi si richiedono 3 VTR di prova, adeguatamente spazati sul fronte di scavo al fine da indagarne il comportamento in calotta, al piano dei centri e a fondo scavo.

La figura seguente mostra uno schema tipo per il posizionamento dei VTR di prova.



Gli ancoraggi 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.

Il dispositivo di prova può essere costituito da un martinetto idraulico alimentato da una pompa motorizzata, da un sistema di contrasto e dagli strumenti di misura, che devono consentire la misura del tiro applicato, preferibilmente per mezzo di una cella di carico in asse all'ancoraggio, e la pressione applicata al martinetto di tesatura.

Esecuzione della prova di sfilamento

Per l'ancoraggio dei tiranti, il DM2008 specifica al par. 6.6.2 quanto segue a riguardo della resistenza caratteristica:

Nel caso (a), il valore della resistenza caratteristica R_{ak} è il minore dei valori derivanti dall'applicazione dei fattori di correlazione ξ_{a1} e ξ_{a2} rispettivamente al valor medio e al valor minimo delle resistenze $R_{a,m}$ misurate nel corso delle prove:

$$R_{ak} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,m})_{\text{medio}}}{\xi_{a1}}; \frac{(R_{a,m})_{\text{min}}}{\xi_{a2}} \right\}. \quad (6.2.12)$$

Tabella 6.6.II: Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica da prove di progetto, in funzione del numero degli ancoraggi di prova.

numero degli ancoraggi di prova	1	2	>2
ξ_{a1}	1,5	1,4	1,3
ξ_{a2}	1,5	1,3	1,2

Avendo 3 prove a disposizione, si richiede allo sfilamento una resistenza minima di 230kN e una resistenza media di 250kN. Il raggiungimento dei valori di carico richiesti dalla prova permette di avere uno sforzo di sfilamento pari ad almeno 100kPa, assunti cautelativamente a progetto.

La prova si interrompe ad un carico massimo di 300kN (inferiore ad un terzo del carico di rottura): il raggiungimento di questo carico in una delle tre prove permette di ottenere la resistenza media richiesta anche se le altre 2 prove arrivano solo alla resistenza minima richiesta.

6.4.2 *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.

I trattamenti jet-grouting dovranno essere realizzati con “sistema bifluido”. Con tale sistema durante la fase di trattamento in risalita l'insieme degli ugelli permette l'iniezione contemporanea di miscela cementizia ed aria compressa. L'aria compressa viene espulsa attraverso un ugello a forma di corona circolare, coassiale a quello preposto all'iniezione della miscela cementizi, in tal modo il getto di miscela risulta circondato da un “anello” di

aria compressa che limita la dispersione del getto stesso, incrementandone l'efficienza idrodinamica e quindi il raggio d'azione.

Per ogni altra specifica, prescrizione e normativa inerente ai trattamenti colonnari si faccia riferimento al Paragrafo "Opere d'arte minori - Opere di consolidamenti, reti e Protezione" tomo 2

6.4.2.1 Armatura delle colonne

Quando previsto in progetto le colonne dovranno essere armate con tubi di acciaio tipo 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.

6.4.3 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 di 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 rotopercolazione.

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 1,5 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 6.4.1 del 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 preforo, 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 preforo, 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 preforo, ecc.) per evitare che la miscela cementizia riempi 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 preforo 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 iniettata 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 preforo, 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 preforo, ecc.) per evitare che la miscela cementizia riempi 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 6.10.5 del presente Capitolato.

6.4.4 *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 $\varnothing 101,6$ 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.

6.4.5 *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” Tomo 2

6.4.6 *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 verificano 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.

6.4.7 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.

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.

6.5 *Rivestimenti Di Prima Fase E Interventi Di Sostegno Del Cavo*

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

6.5.1 *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

6.5.2 *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 Paragrafo “Opere d'arte minori - Opere di consolidamenti, reti e Protezione” Tomo 2

6.5.3 *Rivestimento di prima fase*

6.5.3.1 *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 elettrosaldato.

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 pistoncini, 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 sfido 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.

6.5.3.2 Rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio proiettato fibrorinforzato

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.

6.6 Rivestimenti Definitivi

6.6.1 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 del prerivestimento 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.

6.6.2 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".

CASSERO TIPO "PERNERVOMETAL"

Fornitura e posa in opera di cassero tipo "Pernervo-metal" per le dime di imbocco delle gallerie costituito da pannelli in rete di acciaio D. 6mm 10x10 e laminati in acciaio zincati a caldo, con funzioni di sostegno del getto in calcestruzzo, compreso ogni onere.

6.7 Impermeabilizzazioni

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 aerazione 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.

6.7.1 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.

6.7.2 *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.

6.7.3 *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, preparata 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.

6.8 Drenaggi

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.

6.8.1 *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.

6.8.2 *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 rotopercolazione.

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 refluisce 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 refluisce 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'innescò 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

6.8.3 Calcestruzzo Drenante

Calcestruzzo drenante pre-confezionato, a base di leganti idraulici cementizi, aggregati selezionati e di additivi, avente caratteristiche drenanti e traspiranti, con alta percentuale di vuoti, consegnato in autobetoniera, da applicare mediante l'utilizzo di mezzi meccanici oppure a mano, nell'idoneo spessore e correttamente compattato, su diversi tipi di substrati, opportunamente protetto a fine getto mediante applicazione di teli in plastica. Al fine di mantenere le proprietà drenanti del prodotto, sia allo stato fresco sia allo stato indurito, non devono essere aggiunte al di fuori della composizione formulata, sabbie o polveri di alcun genere, che possano occludere i vuoti presenti nel prodotto.

* in base al livello di costipazione raggiunto

Il prodotto dovrà essere confezionato con cemento 200 Kg/mc a prestazione garantita fornito a piè d'opera, con classi di esposizione indicati negli elaborati progettuali secondo norma UNI EN 206/1:2006 e UNI 11104 in conformità al D.M. 14/01/2008 per qualsiasi classe di confezionato a norma di legge, anche se debolmente armato (fino ad un massimo di 30 Kg per mc) confezionato con cemento, inerte granulare Ø 15mm ed acqua. Compresa la fornitura del materiale in cantiere, lo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare l'opera eseguita a regola d'arte.

6.9 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 espliciti 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 ~~pre~~ 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.

6.9.1 *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 traggurate 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 estensimetri 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 piezometriche al contorno del cavo

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica delle pressioni neutre al contorno del cavo mediante un'apparecchiatura (piezometro) posta all'interno di un foro di sondaggio eseguito dall'interno della galleria. Si prevedono 2 piezometri per la predisposta stazione principale.

La messa in opera di ciascun piezometro richiede l'esecuzione di un foro di sondaggio, all'interno del quale vengono posizionate le tubazioni e la cella piezometrica.

Si adotterà un tubo cieco e cementato nei primi 5m di lunghezza, partendo dalla cavità e microfessurato nei restanti 10m. La cella piezometrica sarà di tipo elettrico a corda vibrante

o a strain-gauges e sarà posta indicativamente a +5 m dal paramento del cavo, all'interno dei tubi radiali sopra descritti

A seguito dell'installazione e delle successive manovre di spurgo si procede alla lettura di riferimento. Le successive letture avverranno con cadenza indicativamente settimanale. Si valuterà in corso d'opera la necessità di tarare le frequenze di lettura sopra indicate.

Il sistema di acquisizione si compone di un manometro e di un'unità di lettura elettronica dedicata in grado di alimentare i trasduttori e di visualizzare su display alfanumerico il segnale di ritorno.

Il sistema di elaborazione dati avviene su software apposito e si dovranno fornire i diagrammi ed i tabulati relativi alle variazioni della pressione neutra in funzione del tempo.

Misure di estrusione del fronte di scavo

Consentono di rilevare in continuo gli spostamenti 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 estensimetri 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.

6.9.2 Misure dall'esterno del cavo

Misure assestometriche

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

L'assestometro 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 emisferica 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 continue 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

6.9.3 *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):

all'interno del cavo:

- 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 estensimetri 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.
-

All'esterno del cavo:

- 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 sottinteso 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 completamento 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 di "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 -installate al di sotto del piede delle centine;
- n. 5 celle di pressione radiali;
- n. 6 barrette estensimetriche.

Stazioni secondarie

La stazione sarà di norma così 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.

6.9.4 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 6-3 Tabella 6-1, 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 convergenze 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 6-1: 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	-----

6.9.5 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 6-2.

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 6-2: 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

6.9.6 *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 superficie, 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.

6.9.7 Sistema di monitoraggio tramite stazione totale robotizzata (Versante Zona Marogna)

Il sistema è costituito da una stazione totale robotizzata che riguarda delle mire fisse poste internamente ed esternamente ad un area potenzialmente instabile. Il confronto fra dati interi ed esterni all’area instabile permetterà un controllo reciproco e validazione dei dati.

Per garantire una maggiore affidabilità alle letture prima della fase di restituzione le misure potranno essere elaborate in modo da tenere in considerazione possibili deviazioni connesse ai valori di temperatura e pressione locali. A tale scopo saranno utilizzate le informazioni ricavate dalla stazione meteorologica posizionata a Pedemonte.

Finalità del sistema di monitoraggio

Il sistema per mezzo di una Stazione Totale Robotizzata (STR) deve monitorare l’accumulo di frana della Marogna e la retrostante parete La Gioia mediante controllo tridimensionale dei punti di monitoraggio.

La stazione STR deve effettuare misurazioni in continuo: la ciclicità delle misure deve prevedere un minimo di 3 acquisizioni giornaliere e deve altresì poter essere modificata da remoto; la stessa STR deve poter essere gestita interamente da postazione fissa e da remoto.

In automatico il sistema, nel caso di superamento di valori soglia preimpostati, deve essere in grado di trasmettere un segnale (sms, email) ad una lista di utenti preimpostati.

In tempo reale il sistema comunica con un server remoto che archivia, elabora i dati e li rende disponibili al personale competente per l’attività di monitoraggio (appaltatore, DL e Committente).

Descrizione del sistema di monitoraggio

Il sistema STR si compone di una stazione totale robotizzata posizionata su un sito stabile, individuato nell’area posta in corrispondenza del futuro svincolo di Pedemonte con annesso casello autostradale, attualmente occupata dalla cava Molino in via di esaurimento e ricomposizione ambientale.

La stazione rileverà un numero congruo di punti (circa 60 punti) rappresentati da mire ottiche costituite da prismi riflettenti ubicati secondo quanto riportato negli specifici elaborati progettuali. Il relativo numero e posizionamento potrà essere modificato/integrato in sede di progettazione esecutiva a seguito delle nuove informazioni nel frattempo acquisite.

I punti di monitoraggio vengono controllati dalla Stazione Automatica Robotizzata mediante installazione di prismi Riflettenti.

La STR deve, tramite il sistema software ed hardware annesso, essere in grado di gestire l’acquisizione, elaborazione, archiviazione delle misure, e relativa trasmissione al server remoto.

Il sistema SW di gestione del sistema di monitoraggio permetterà di controllare da remoto il funzionamento, la configurazione del sistema e lo scarico dei risultati delle misure di monitoraggio.



Stazione topografica robotizzata per stazione di monitoraggio installata su un gabbiotto di protezione montato su palo di sostegno

INSTALLAZIONE

Sono comprese nel lavoro le attività e gli oneri per opere murarie e/o di carpenteria e manovalanza per la realizzazione del basamento e struttura di protezione della stazione, nonché l’installazione dei prismi riflettenti da effettuarsi tramite tecnico rocciatore.

Delle fasi di consegna della strumentazione, installazione e posa in opera, sarà redatto un verbale sottoscritto dalle parti.

ATTIVAZIONE E FORMAZIONE

La ditta fornitrice delle attrezzature deve garantire 30 (trenta) giorni di formazione e supporto tecnico con tecnici specializzati. La programmazione delle attività sarà definita di concerto con la D.L. o con il Committente e comunque devono essere garantiti i seguenti servizi minimi:

Assistenza tecnica all’installazione funzionale delle attrezzature.

Messa in funzione delle procedure per le misure in automatico, configurazione software di misura e di elaborazione.

Formazione del personale tecnico sull’hardware e software fornito attraverso un corso che dovrà fornire, oltre ad una generica preparazione sul sistema di monitoraggio, l’istruzione adeguata e necessaria ai tecnici preposti al fine di acquisire l’operatività totale della strumentazione installata. In particolare devono essere illustrate tutte le caratteristiche tecniche delle apparecchiature, la loro messa in stazione, funzioni principali e secondarie dei software in dotazione, ottimizzazione di tali strumenti alle tecniche e procedure di rilievo con la stazione totale automatica. Deve inoltre essere fornita la completa conoscenza dei software di elaborazione con tutte le relative opzioni e funzioni.

Supporto tecnico alle attività di calibrazione e alla definizione/impostazione/gestione delle soglie di attenzione ed allarme delle misure.

Supporto tecnico durante i primi cicli di misura e per l’attivazione del sistema.

Assistenza telefonica (orario ufficio) per un periodo di 6 mesi post installazione.

ASSISTENZA TECNICA E MANUTENZIONE

Saranno garantiti dal fornitore 5 (cinque) anni di assistenza tecnica in sito effettuata da personale tecnico specializzato, che garantisca un pronto intervento (tempo massimo di intervento 2 giorni dalla chiamata da parte del Committente o della DL) per risolvere tutti gli eventuali problemi o interruzioni di funzionamento del sistema, con relativa riparazione del sistema.

Saranno garantiti dal fornitore 5 (cinque) anni di manutenzione programmata della strumentazione, con sostituzione delle attrezzature a spesa dell'appaltatore.

Le sostituzioni di parti del sistema o dell'intero sistema devono avvenire con prodotti identici a quelli descritti nel presente capitolato, ovvero migliori se questi dovessero divenire obsoleti.

Tutti pezzi di ricambio vanno concordati ed accettati dalla Direzione lavori.

ONERI A CARICO DELL'APPALTATORE

Sono a carico dell'aggiudicatario tutte le opere (anche murarie) necessarie a dare ad opera compiuta a regola d'arte la fornitura e massa in opera la stazione oggetto del presente capitolato.

La stazione totale in particolare sarà alloggiata in una struttura di protezione dalle intemperie e da atti vandalici. Tale struttura sarà costituita da un gabbiotto metallico cementato o fissato con tasselli al suolo o su altro manufatto, o struttura muraria munita di apertura in vetro infrangibile antisfondamento, con angolo di visuale minimo di 180 gradi e porta metallica munita di serratura. E' ammessa l'installazione, senza struttura di protezione, in corrispondenza di una abitazione o di altra struttura privata o pubblica se autorizzata dalla DL.

ONERI A CARICO DELL'ENTE APPALTANTE

L'Ente appaltante metterà a disposizione l'area per il posizionamento della stazione totale in corrispondenza del futuro sedime del casello autostradale di Pedemonte.

VERIFICHE E COLLAUDI

Tutte le strumentazioni oggetto della fornitura dovranno essere accompagnate da certificazione ISO 9001 del costruttore e relativi certificati di taratura e precisione strumentale.

Il periodo minimo di garanzia dovrà essere di 24 mesi.

Dovrà essere presentata la documentazione tecnica in originale del costruttore (inglese o italiano) comprovante le reali caratteristiche tecniche delle attrezzature e strumentazioni oggetto del sistema di monitoraggio proposto.

Le operazioni di verifica e collaudo si svolgeranno entro e non oltre un periodo massimo di 90 (novanta) giorni dalla comunicazione di ultimazione rilasciata dall'appaltatore al responsabile del procedimento.

La verifica ed il collaudo saranno svolte da un tecnico esperto in materia facente parte dell'ufficio tecnico del committente, o da questi delegato, o dell'ufficio Direzione Lavori.

Eventuali difformità, malfunzionamenti o anomalie rilevate nel corso delle operazioni di verifica/collaudo saranno prontamente comunicate all'appaltatore, che dovrà provvedere con tempestività alla rimozione degli inconvenienti evidenziati e comunque non oltre 30 (trenta) giorni dalla comunicazione.

L'esito favorevole della verifica e del collaudo sarà comunicato formalmente all'appaltatore attraverso il rilascio di un certificato di positivo superamento del collaudo relativamente all'intera estensione della rete di monitoraggio.

COSTITUZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO STR.

Il sistema STR si compone di una stazione totale robotizzata posizionata mediante ancoraggio, all'interno di una struttura di protezione, su un sito stabile posto in corrispondenza delle aree del futuro Casello di Pedemonte. La stazione rileverà un numero congruo di punti (circa 60 punti), rappresentati da mire ottiche costituite da prismi riflettenti, ubicati secondo quanto previsto negli specifici elaborati progettuali. La STR deve gestire l'acquisizione, elaborazione e archiviazione delle misure e trasmetterle al server remoto.

La Stazione di Monitoraggio dovrà essere completa di tutto l'hardware e il software relativo, compresi i sistemi di alimentazione e di comunicazione dati che consentano le seguenti applicazioni:

SISTEMA DI MONITORAGGIO AUTOMATICO ROBOTICO :

- In soluzione periodica, con postazioni fisse preallestite
- In soluzione continua real time, in postazione fissa con gestione da remoto

ARCHITETTURA DEL SISTEMA

STAZIONE TOTALE AUTOMATICA DI MONITORAGGIO

La STR completa degli accessori standard deve essere composta almeno da:

- Componenti accessori hardware per utilizzo STR in postazione fissa.
- Abitacolo di alloggiamento e protezione.
- Unità di alimentazione in tampone, sistema di ricarica da Rete 220V
- Sistema remoto gestione hardware (ON-OFF, RESET)
- Cablaggi a norma
- Prismi ottici speciali per monitoraggio (numero minimo 60)

A N° 1 – MASTER UNIT PC Industriale – Postazione Fissa

- Unità integrata di monitoraggio in sito, completa di hardware e software
- Master Terminal Unit, Unità PC Industriale
- Piattaforma software integrati per gestione stazione robotica
- Cablaggi e connessioni a norma

B N° 1 – SISTEMA CENTRALE DI CONTROLLO REMOTO (No Hardware)

UNITA' SW CENTRALE DI MONITORAGGIO E CONTROLLO SISTEMA DA REMOTO

- Piattaforma moduli software integrati per la remotizzazione sistema in sito, elaborazione automatica dei dati di misura provenienti dai sensori in campo e analisi dati. Libera configurazione sistema e definizione soglie di allarme
- Sistema di comunicazione dedicato

DESCRIZIONE DELLE ATTREZZATURE PRINCIPALI

1 Stazione totale automatica di monitoraggio di alta precisione

Le caratteristiche di precisione strumentale, di seguito descritte, con sistema di puntamento automatico e misura su prismi passivi, dovranno consentire la totale e completa remotizzazione e riattivazione a distanza di tutto il sistema. Il campo visivo della STR posta all'interno della struttura di protezione dovrà essere di almeno 180 gradi. L'alimentazione sarà fornita dalla rete con contratto intestato al committente. Dietro approvazione della DL è possibile prevedere una alimentazione mediante pannello fotovoltaico che garantisca comunque (insieme alla batteria) continuità di alimentazione, o il collegamento ad una alimentazione fornita da privati o da altro ente pubblico.

Le specifiche tecniche minime sono di seguito descritte:

N° 1 – STAZIONE TOTALE Automatica di Alta Precisione

STAZIONE Totale Servo assistita di altissima precisione, con dispositivo di puntamento e inseguimento del prisma. Il prisma dovrà essere di tipo passivo.	
--	--

Portata del Sistema di Puntamento Automatico ATR (Automatic Target Recognition)	di circa 1500m. (Con prisma standard) Su prisma di tipo passivo
--	---

Precisione di Puntamento Automatico con Sistema ATR (Automatic Target Recognition)	< 1mm. a 200m. Su Prisma di tipo passivo
---	---

Letture Angolare Hz e V	0,1"/ 0,1cc
--------------------------------	--------------------

Precisione Angolare Hz e V (ISO17123-3)	0,5" = 1,5cc
Portata Distanziometro	oltre 3500m. con 1 Prisma
Lettura misura distanza	0,1 mm.
Precisione misura distanza (ISO17123-4)	1mm + 1ppm.
CERTIFICATO DI PRECISIONE	(ISO17123-3 e 4)
Compensatore bi-assiale elettronico	Precisione di 0,5", Campo di 4', Acquisizione nei Cicli di Monitoraggio
Cannocchiale , ad ottica oculare rimovibile	30x
Alimentazione	12V
Basamento della Stazione , con 2 Viti Calanti e 1 Fissa. Questo basamento dovrà garantire l'altezza strumentale costante.	

Altre Caratteristiche della stazione e software ON-Board :

- Sistema di registrazione con scheda di memoria estraibile
- Doppia tastiera alfanumerica
- Memoria Interna di 2Mb, per programmi applicativi
- Piombo Laser integrato

1. *Software a bordo per misure di controllo e monitoraggio periodico in automatico della STR*

2.a) Software per misure di monitoraggio in continuo

Il Software deve garantire, almeno,

- Il monitoraggio continuo, On Board, da singola stazione fissa, con registrazione delle misure su scheda di registrazione.
- Deve creare il file di riferimento per l'effettuazione delle misure in automatico,
- Prevedere il numero di misure ripetute desiderate su ogni punto.
- L'utente deve poter definire il tempo per un ciclo di misura e memorizzarlo.

2.b) Software per misure di monitoraggio periodico – Rete di Vertici

Il software a bordo della stazione deve:

- Operare completamente in automatico.

- Consentire almeno il rilievo di monitoraggio eseguito da una o più Stazioni, eseguendo misure ripetute (a strati) e in diritto e capovolto.
- Poter essere utilizzato anche per altre campagne di monitoraggio su diversi siti.

2.c) Software per elaborazione misure di monitoraggio periodico e di analisi delle coordinate su pc

Il software su PC per l’elaborazione delle misure di monitoraggio periodico della stazione deve elaborare le misure garantendo almeno le seguenti fasi:

- Scarico automatico del file delle misure sul PC
- Calcolo degli strati con il metodo dei minimi quadrati
- Calcolo delle coordinate dei punti con compensazione rigorosa per rilievi di rete. Ellissi di errore e grado di confidenza al 95%.
- Trasferimento delle coordinate al software di analisi
- Il software deve determinare il delta (la differenza) rispetto alle misure precedenti e al ciclo di riferimento di zero, e la graficizzazione dei momenti lungo le direzioni X, Y e Z per ogni punto.

Le componenti minime del sistema sono le seguenti:

STAZIONE TOTALE AUTOMATICA :

n. 1	STAZIONE TOTALE AUTOMATICA di Alta Precisione, in Custodia (come da specifica)
n. 1	Basetta a 2 Viti calanti
n. 1	Certificato di Precisione a NORMA (ISO 17123-3 e 4)

COMPONENTI hardware e software a bordo della Stazione per il monitoraggio periodico:

n. 1	SOFTWARE ON-Board per Monitoraggio Automatico Periodico (come da specifica)
n. 1	SOFTWARE per PC per Elaborazione e Analisi DATI Monitoraggio (come da specifica)
n. 2	Batterie inseribili ricaricabili + Caricatore
n. 1	Scheda di Registrazione
n. 1	Cavo collegamento STAZIONE / PC

COMPONENTI Hardware per Utilizzo Stazione in monitoraggio continuo real time :

n. 1	Abitacolo di Alloggiamento e Protezione Stazione in Postazione Fissa, Piastra di ancoraggio, Cabinetta con pannelli in Vetro speciale anti-abberrante da 8mm., copertura.
n. 1	UNITA' di Alimentazione per Postazione Fissa, Armadietto IP65 da esterni con Batterie in Tampone

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL’ASTICO

	12V/24Ah, ricarica da Rete 220V, componenti di protezioni e cablaggio collegamenti interni/esterni a NORMA
n. 1	Elettronica per controllo da remoto del Sistema, Switch ON-OFF / RESET
n. 1	Cavo di Alimentazione e Trasmissione DATI da Stazione Totale a UNITA' MASTER UNIT PC

PRISMI Speciali per monitoraggio :

n.60	PRISMI Speciali per il Monitoraggio con diametro quarzo non inferiore a 60mm. I prismi devono essere dotati di struttura metallica con dimensioni tali da garantire protezione degli stessi dalle intemperie e di staffe ad L per l'ancoraggio con minimo n 2 fori per il fissaggio mediante tasselli.
------	--

MASTER UNIT PC Industriale – Postazione Fissa in Sito

L'armadietto master unit deve alloggiare il Sensore GNSS e l'unità PC industriale che gestisce attraverso la piattaforma software la strumentazione in campo.

Il PC Industriale deve avere le seguenti minime caratteristiche tecniche principali:

- Master Terminal Unit, PC Industriale di Controllo del Sistema in Sito.
- PC 2.0 GHz,
- HDD 120GB,
- Range di esercizio 0-50°C,
- memoria RAM 1GB,
- 3xUSB,
- 4xRS232,
- 1xVGA,
- 2xLAN
- Licenza Software Win 10 + Office

La licenza Software per la gestione automatica in continuo e in tempo reale di tutte le attrezzature previste da installare in sito deve essere configurata da garantire:

- Gestione completa della STR con controllo automatico della calibrazione e della stabilità del compensatore, capacità del software di poter gestire sino a 3 stazioni automatiche.
- Data base relazionale per la memorizzazione dei dati senza limiti software sulla dimensione degli stessi.
- Definizione di diversi gruppi di punti da misurare per la STR.
- Definizione di più set orari in cui effettuare le misure.

- Associazione dei gruppi di punti a profili in cui effettuare le misure al fine di ottimizzare il monitoraggio.
- Definizione del metodo di ricerca per i punti non trovati.
- Determinazione della corretta posizione spaziale della stazione mediante diversi metodi di calibrazione remota con imposizione delle tolleranze sia per la stazione che per i punti di riferimento.
- Correzione delle distanze misurate mediante calcolo del fattore ambientale (temperatura e pressione), relazione e scarti sugli stessi.
- Esecuzione in automatico dei cicli di misura programmati.
- Misure multiple in automatico sui punti con valutazione degli scarti e, se fuori tolleranza prevista, ripetizione della misura (possibilità ulteriore di imposizione di un periodo di pausa per poi ripetere la misura).
- Valutazione e controllo qualità dei dati in tempo reale.
- Al termine di ogni ciclo di misura, possibilità di esecuzione automatica di procedure esterne cliente (es. : allarme in sito) o di scambio dati con applicativi esterni cliente, anche remoti.
- Formato configurabile di uscita dei dati.
- Comparazione dei cicli di misura rispetto ad un ciclo di riferimento in tempo reale o off-line.
- Controllo totale da remoto della STR via modem con possibilità di re-impostazione di tutte le procedure di Monitoraggio.

Le componenti minime del sistema UNITA' PC, completo devono essere:

n.1	MASTER Terminal Unit PC Industriale (come da specifica)
n.1	Cablaggi e connessioni a norma

Le componenti minime del sistema PIATTAFORMA SOFTWARE per Gestione Sistema in Sito devono essere:

n.1	LICENZA Piattaforma Software Integrata per la gestione della Strumentazione in campo (come da specifica)
-----	--

SISTEMA CENTRALE DI CONTROLLO REMOTO (No Hardware)

Il Sistema di Monitoraggio Integrato si compone della stazione software remota, posta presso il centro di controllo, per l'acquisizione di tutto il data base delle misure effettuate.

Il sistema centrale avrà il compito di elaborare tutte le misure effettuate, analizzarle rispetto al ciclo di riferimento, confrontarle rispetto ai valori precedenti ed alle misure di zero, ed eventualmente attraverso la definizione di opportune soglie limite, lanciare con diversi metodi ed apparati allertamenti, pre-Allarmi ed Allarmi.

I moduli software visualizzazione – per la gestione e manutenzione del data base devono garantire:

la visualizzazione delle misure,

la realizzazione degli elaborati grafici spostamenti per ogni punto di monitoraggio. Elaborati grafici di ogni elemento presente nel data base del sistema di monitoraggio.

Tutti i file di stampa devono consentire un'uscita su stampante, in formato ASCII, DXF e EXCEL, come :

Grafici per punto di ogni variazione Hz e V per punto/prisma (misurato con stazione totale)

Grafici per punto di ogni variazione delle distanze e delle X, Y, Z, per punto/prisma (misurato con stazione totale)

Grafici dell'andamento della stabilità della stazione totale

Grafici dell'andamento della correzione PPM, apportata dal sistema alla misura della distanza

Planimetria vettori spostamento 3D per ogni punto di monitoraggio

Il SOFTWARE per il centro controllo deve essere configurato da garantire i seguenti elementi minimi:

Licenza piattaforma software integrata per la remotizzazione del sistema in campo.

L'utente deve poter configurare in funzione delle proprie esigenze l'elaborazione automatica dei dati dai sensori

Analisi dati rispetto al ciclo di riferimento zero, e precedente, velocità spostamenti

Gestione allertamenti, su base soglie definite

Modulo di gestione e manutenzione data base

Sistema di comunicazione dedicato

GARANZIA

Tutte le strumentazioni dovranno essere accompagnate da certificazione ISO 9001 del costruttore e certificati di precisione strumentale per ogni singolo strumento e matricola.

Il periodo minimo di garanzia della stazione totale dovrà essere di 24 mesi.

SPECIFICHE GENERALI DEL SISTEMA INFORMATIVO

L'applicazione dovrà funzionare in Internet utilizzando i browser più diffusi. Si dovranno predisporre pertanto per la fase di avvio almeno cinque accessi per gli operatori del sistema; tali accessi potranno successivamente essere incrementati sulla base delle singole esigenze degli enti.

Dovrà essere possibile interagire con i software utilizzando cartografie sia di tipo vettoriale che di tipo "raster" con diverse vestizioni, al fine di renderle disponibili per la consultazione.

Dovrà essere possibile definire utenti e gruppi di utenti, assegnando permessi di consultazione sui singoli parametri o parti di essi.

Dovrà essere possibile effettuare selezione grafiche o alfanumeriche di punti, archi e poligoni, visualizzare la lista degli attributi alfanumerici associati sotto forma di tabella, produrre grafici sui dati selezionati.

RISERVATEZZA DELLE INFORMAZIONI ASSUNTE, PROPRIETA' DEI DATI E DEL MATERIALE CARTOGRAFICO.

Tutte le informazioni saranno trattati con riservatezza. I dati e le informazioni acquisite, e più in generale tutto il contenuto delle banche dati, rimarranno di esclusiva proprietà del Committente. L'appaltatore e/o la ditta fornitrice delle strumentazioni potrà utilizzare le suddette informazioni esclusivamente ai fini della realizzazione presente servizio. Per l'utilizzo dei dati e del sistema a scopo dimostrativo/commerciale del servizio realizzato dovrà essere richiesto il consenso scritto del Committente.

6.10 Prove E Controlli

6.10.1 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.

6.10.2 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.

6.10.3 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..

6.10.4 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.

6.10.5 Ancoraggi

Per quanto concerne le prove e controlli sugli ancoraggi si faccia riferimento al Paragrafo “Opere d’arte minori - Opere di consolidamenti, reti e Protezione” tomo 2

6.10.6 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 $R_{ck} \geq 30$ 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.

6.10.7 *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 6.5.3.2 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.

6.10.8 *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 6.6.1 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.

6.10.9 *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.

6.10.9.1 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 6-3: 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 6-4: 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

6.10.9.2 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.

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

SCHEMA 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 dei/dei punto/i non conformi		Riparazione (eventuale)
A	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/>				Data _____ Esito _____
					DL _____
					Impresa _____
B	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/>				Data _____ Esito _____
					DL _____
					Impresa _____
C	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/>				Data _____ Esito _____
					DL _____
					Impresa _____
D	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/>				Data _____ Esito _____
					DL _____
					Impresa _____
E	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/>				Data _____ Esito _____
					DL _____
					Impresa _____
F	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/>				Data _____ Esito _____
					DL _____
					Impresa _____
G	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/>				Data _____ Esito _____
					DL _____
					Impresa _____
H	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/>				Data _____ Esito _____
					DL _____
					Impresa _____
I	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/>				Data _____ Esito _____
					DL _____
					Impresa _____
L	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/>				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 _____

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

SCHEDA DI CONTROLLO OPERAZIONI PRELIMINARI E GETTO

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

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

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

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-M)	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:	<input type="checkbox"/> T1 (diam. 8-10-12-16-18-22) <input type="checkbox"/> T1A (diam. 8-10-12-16) <input type="checkbox"/> T1B (diam. 8-10-12-16) <input checked="" type="checkbox"/> T1C (diam. 8-10-12-16) <input type="checkbox"/> T2A (diam. 8-10-12-16)	DDT Acciaio per il presente anello: _____
Armatura :		

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

ESITO DEI CONTROLLI IN FASE DI ESECUZIONE		
<input type="checkbox"/> CONFORME	<input type="checkbox"/> NON CONFORME	<input type="checkbox"/> ACCETTATO CON RISERVA

DATA: _____

DIREZIONE LAVORI _____

IMPRESA _____

6.10.10 *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.

6.10.11 *Impermeabilizzazione*

Per quanto riguarda i materiali questi dovranno soddisfare i requisiti che sono riportati al punto 6.7.1 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 6.7.1 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 6.7.1 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.

6.10.12 *Preconsolidamento del fronte di scavo*

Per quanto riguarda il materiale questi dovranno soddisfare i requisiti che sono riportati nel punto 6.4.1 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.

6.10.13 *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 V_{max} (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 V_{in} (litri);
 - tempo di iniezione (t);
 - portata (litri/min) dell'eventuale iniezione di II^a fase;
 - pressione iniziale e finale dell'eventuale iniezione di II^a 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 6.4.5 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:

$$R.Q.D. = \frac{\text{somma della lunghezza degli spezzoni} \geq 100}{\text{lunghezza perforata}} * 100$$

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 6.4.5.

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.

6.10.14 *Infilaggi*

I materiali costituenti il singolo infilaggio dovranno essere certificati dal produttore, in modo da soddisfare le indicazioni riportate nel Punto 6.4.3 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 6.10.5 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.

6.10.15 *Jet – grouting*

Per quanto concerne le prove e controlli sui trattamenti colonnari si faccia riferimento al Paragrafo “Opere d'arte minori - Opere di consolidamenti, reti e Protezione” tomo 2

6.10.16 *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 6.5.3, 6.4.6, 6.10.6 e 6.10.7 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.

6.11 *Norme Per La Misurazione E Contabilizzazione Dei Lavori*

6.11.1 *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 della 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.

6.11.2 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 sgombrò 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 provvisoriale di qualsiasi tipo recuperate o perse, per i provvedimenti conseguenti a venute di gas, per gli aggotamenti 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 del Committente 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.

6.11.3 *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.

6.11.4 *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”.

6.11.5 *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.

6.11.6 *Tiranti chiodi e bulloni*

La misurazione corrisponderà alla lunghezza dell'ancoraggio introdotto, a partire dal filo esterno della piastra di ancoraggio.

6.11.7 *Drenaggi*

Le profondità che daranno luogo alla applicazione dei prezzi, si misurerà dalla quota inferiore del foro fino alla quota di testa dreno.

6.11.8 *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.

6.11.9 *Trattamenti colonnari*

La misurazione corrisponderà all’effettiva lunghezza della colonna di terreno consolidata, in accordo con quanto stabilito nel Paragrafo “Opere d'arte minori - Opere di consolidamenti, reti e Protezione” tomo 2

6.11.10 *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 Paragrafo “Opere d'arte minori - Opere di consolidamenti, reti e Protezione” tomo 2

6.11.11 *Perforazioni*

La misurazione corrisponderà alla effettiva lunghezza delle perforazioni effettuate

6.12 *Appendice*

6.12.1 *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.

6.12.2 *Scavo a foro cieco in ambienti grisutosi*

La galleria deve essere distinta in tratti. Ogni tratto deve poter essere considerato una sorgente di gas omogenea 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.

6.12.3 *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 tenere 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 grisutose, 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 boccafori 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.

6.12.4 Scavo Meccanizzato in ambienti grisutuosì

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.

6.12.5 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 propagati lungo lo sviluppo della galleria, tramite dei ripetitori ubicati, in posizione fissa, ad intervalli di 500 m.

6.12.6 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.

7 REALIZZAZIONE ATTRAVERSAMENTI CONDOTTE CON TECNOLOGIA MICROTUNNELING

7.1 Generalità

La tecnica del “microtunnelling” consente di mettere in opera condotte in sotterraneo, in modo continuo e completamente automatico senza scavi a cielo aperto e senza l’accesso diretto dell’uomo sul fronte di scavo.

L’esecuzione della perforazione sub-orizzontale con la tecnica del microtunnelling avviene tra due camere, una di spinta e una di recupero. Le dimensioni del pozzo di spinta sono variabili a seconda della lunghezza degli elementi di tubo. La perforazione è realizzata da testa d’avanzamento a ruota fresante con trasporto in superficie dei materiali di risulta mediante circuito chiuso a circolazione d’acqua o acqua e bentonite, a sezione piena con sostentamento meccanico e/o idraulico del fronte di scavo al fine di evitare la decompressione del terreno ed eventuali cedimenti in superficie. Viene eseguita anche sotto falda mediante anello di tenuta idraulica intestato sulla testa della perforazione. La posa della tubazione avviene mediante l’impiego di guida laser su mira fotosensibile, tenuta sotto controllo da sistema computerizzato per eventuale immediata correzione delle deviazioni angolari nel corso della perforazione con martinetti idraulici agenti sulla testa fresante. Si utilizzano in genere elementi di struttura in acciaio o in c.a. quali elementi provvisori di contropinta nel pozzo. Si devono prevedere l’eventuale uso di lubrificanti bentonitici per diminuire l’attrito tubo-terreno e la predisposizione di elementi di tenuta o guarnizioni sul passaggio delle tubazioni sulle pareti del pozzo. A seconda della lunghezza dell’attraversamento può essere indispensabile l’impiego di una stazione intermedia di spinta che permette anche di evitare la lubrificazione esterna della tubazione. Inoltre si deve prevedere la eventuale realizzazione di un pozzo provvisorio per il superamento di qualsiasi tipo di ostacolo incontrato durante la perforazione per consentire l’avanzamento della

testata.

Può essere eseguita in ogni tipo di terreno, salvo presenza di roccia, anche in presenza di trovanti di dimensioni non superiori al 30% del diametro esterno della testa fresante e con resistenza fino a 20 MPa.

Per le prove di tenuta della tubazione si adottano le opportune tecniche e le disposizioni della DL.

Il materiale di risulta può essere messo a disposizione nello stesso cantiere o in altro secondo le disposizioni dell'Autorità competente per eventuale presenza di reperti archeologici.

7.2 Fasi Lavorative

In generale si prevedono le seguenti fasi lavorative:

- Preparazione dei siti:
 - preparazione aree per container e stoccaggio materiali;
 - preparazione aree per deposito smarino e vasca di sedimentazione;
 - installazione del cantiere.
- Esecuzione del pozzo di spinta ed installazione attrezzature:
 - costruzione delle pareti dei pozzi;
 - scavo dei pozzi ed eventuale irrigidimento delle pareti mediante centinature interne;
 - protezione delle aree di scavo con idonea recinzione;
 - costruzione soletta inferiore per appoggio struttura di spinta e tubazioni;
 - installazione degli elementi per la guida delle attrezzature di perforazione;
 - Installazione delle attrezzature di spinta;
 - Installazione delle attrezzature di perforazione;
 - Installazione delle linee di alimentazione e di recupero dello smarino (linea slurry) delle attrezzature e delle strumentazioni varie di controllo;

- Apertura del foro nella parete frontale;
- Messa in opera dell’anello di guida e della guarnizione di tenuta;
- Installazione del sistema di traguardo laser.
- Esecuzione del microtunnel:
 - Scavo del microtunnel:

Lo scavo del microtunnel dovrà avvenire mediante l’avanzamento di uno scudo cilindrico a cui è applicata frontalmente una fresa rotante a piena sezione. Lo scudo fresante dovrà essere guidato dall’esterno attraverso un’idonea consolle di guida e controllo. Durante la fase di scavo vi dovrà essere un afflusso continuo di acqua, eventualmente additivata, all’interno della testa fresante con una pressione tal da controbilanciare l’eventuale spinta idrostatica esterna.

- Immissione degli elementi di tubo nel terreno:

Per l’avanzamento degli elementi di tubo verrà utilizzata un’unità spingitubo collocata all’interno del pozzo di spinta. L’unità di spinta è composta da martinetti idraulici montati su un telaio metallico, da un anello di spinta mobile posto davanti ai martinetti idraulici e da una parete di spinta fissa posta dietro i martinetti. Quando un elemento sarà completamente spinto nel terreno, i martinetti idraulici e l’anello di spinta verranno ritratti per l’inserimento di un nuovo elemento. Il nuovo elemento verrà calato all’interno del pozzo, allineato e unito al precedente per poi procedere con l’infissione.

- Trasporto a giorno dello smarino:

Il materiale scavato, miscelato con acqua e bentonite, per formare una miscela fluida (slurry), dovrà essere evacuato attraverso un sistema di circolazione idraulica di fanghi di tipo chiuso e pompato in un’unità di separazione fanghi ove sarà trattato per ottenere la separazione della parti solide dalla miscela.

7.3 Controlli E Misurazioni

Il controllo delle operazioni di scavo e di avanzamento del tunnel dovrà avvenire da una sala comandi posizionata nell’area di cantiere, in prossimità del pozzo di spinta. L’operatore sarà in grado di conoscere in qualsiasi momento tutte le informazioni operative e geometriche

connesse con l'avanzamento dello scudo, consentendo il controllo delle operazioni da parte della DL.

8 MANUFATTI PER IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE

8.1 *Vasche Settiche Tipo Imhoff*

Dovranno essere del tipo ritenuto idoneo ed approvato preventivamente dalla Direzione Lavori, atte alla chiarificazione delle acque trattate, nonché alla trasformazione biologica del fango depositato, nel pieno rispetto della Legge 10.5.1976 n. 319 e successive modifiche e/o integrazioni. Ogni vasca dovrà essere suddivisa in due distinti comparti destinati - il primo alla sedimentazione dei fanghi - il secondo alla loro fermentazione e digestione. Saranno costituite da elementi cilindrici componibili prefabbricati in cemento armato vibrocompresso, impermeabilizzato, avente classe C20/25 con pareti e fondo dello spessore minimo da 5÷10 cm, spessore che dovrà essere rapportato alla capacità della vasca, la quale dovrà essere completa di: - setti separatori ubicati in modo tale da permettere la separazione ed ossidazione dei fanghi; - copertura carrabile in cemento armato, avente classe di resistenza > 25/30 MPa, di adeguato spessore con chiusini battentati per ispezione ed aspirazione dei fanghi. Dovranno essere poste in opera su fondazione in calcestruzzo dosato a 200 kg di cemento per metro cubo, dello spessore minimo di 30 cm, con i giunti sigillati con malta di cemento; raccordate in entrata e in uscita e riempite di acqua, prima della loro entrata in funzione, con aggiunta di calce spenta secondo le indicazioni della Direzione Lavori. La capacità e le dimensioni saranno conformi a quanto previsto negli elaborati di progetto. Il cloratore delle acque nere, realizzato in materiale plastico non soggetto alla corrosione, dovrà essere di dimensioni tali da garantire il funzionamento dell'impianto in relazione alla capacità della fossa e sarà composto da bilanciere cilindrico munito di contenitore di cloro, galleggiante, tubazioni di collegamento, serbatoio di alimentazione in plastica della capacità di almeno 40 l, dato in opera interrato in apposito vano.

8.2 *Sifone Di Cacciata Tipo Contarino*

In ghisa del diametro nominale di 100 mm, installato entro apposito pozzetto, atto all'adescamento automatico per lo stramazzo dell'acqua nella fognatura quando il livello nel pozzetto raggiunge l'altezza del tubetto piezometrico di innesco. Dato in opera completo di campana, di tubetto piezometrico, di flange, bulloni, guarnizioni e raccordi.

8.3 *Impianti Di Depurazione Ad Ossidazione Totale*

Trattasi di impianti per il trattamento e la depurazione biologica delle acque di scarico civili, con il metodo a fanghi attivi ad ossidazione totale atti ad assicurare in uscita i limiti fissati dalla Tab. A della Legge 10.5.76 n. 319. Gli impianti dovranno essere costituiti essenzialmente da:

- vasca prefabbricata monolitica con copertura carrabile in cemento armato vibrato avente classe di resistenza non inferiore a 20/25 MPa ed impermeabilizzato mediante aggiunta nell'impasto di additivo idrorepellente, suddivisa con setti separatori nei tre comparti di predecantazione, ossidazione biologica, decantazione fanghi attivi; compresi allacciamenti in entrata e in uscita;
- cabina di manovra prefabbricata in cemento armato vibrato avente classe di resistenza non inferiore a 25 MPa, della dimensione in pianta di circa 2,25 m² ed altezza di almeno 2,00 m;
- tre pozzetti di ispezione ai comparti della vasca, prefabbricati in cemento armato vibrato aventi classe di resistenza non inferiore a 20/25 MPa, completi di relativi chiusini carrabili in ghisa;
- un pozzetto filtro prefabbricato in cemento armato vibrato avente classe di resistenza non inferiore a 20/25 MPa, completo di chiusino carrabile in ghisa contenente griglia a cestello del tipo estraibile, in acciaio inossidabile, completo di catena e staffe di supporto sempre in acciaio inossidabile; ubicato a monte del vano di decantazione.

All'interno della vasca dovranno essere fornite e poste in opera le seguenti apparecchiature:

a) nel comparto di ossidazione:

- blocchi di insufflazione composti da diffusori, micronizzatori d'aria in poliestere espanso ad alta densità, completi di supporto, collegati alla apparecchiatura elettrosoffiante mediante condotta in PVC completa di curve, raccordi e pezzi speciali;
- estrattore idropneumatico dei fanghi di ricircolo, in tubo di PVC allacciato alla mandata dell'aria compressa con tubazioni di polietilene, compresa saracinesca di regolazione del flusso;

b) nel vano di sedimentazione:

- skimmer delle materie galleggianti, in tubo PVC, compreso raccordo all'aria compressa in tubo di polietilene, giunto di collegamento alla tubazione di mandata e saracinesca di regolazione del flusso; - stramazzo dentato di sfioro completo di paraschiuma e canaletta in PVC rigido compresi accessori di posa.

All'interno della cabina di manovra dovranno essere forniti e posti in opera:

- una apparecchiatura elettrosoffiante centrifuga di potenzialità adeguata alla capacità dell'impianto a canali laterali, particolarmente silenziosa, per la produzione dell'aria compressa;

- quadro elettrico di comando, realizzato a norma CEI, con sportello munito di chiusura a chiave, allacciato alla linea di alimentazione e contenente interruttore generale, teleruttore, relais termico, timer programmatore del funzionamento dell'elettrosoffiante, spie di segnalazione, funzionamento e blocco, cablaggi e materiali di consumo.

- Capacità e potenzialità secondo le indicazioni di progetto.

8.4 *Disoleatore*

8.4.1 ***Per ricovero automezzi, stazione di lavaggio, officine, ecc.***

Trattasi di impianto atto alla separazione e al recupero degli oli e dei grassi contenuti nelle acque di scarico industriali. Costituito da una vasca monolitica prefabbricata in cemento armato vibrato e impermeabilizzato, con setti separatori, avente classe di resistenza non inferiore a 20/25 MPa con copertura carrabile munita di due chiusini in ghisa battentati per ispezione ed aspirazione fanghi, di capacità adeguata a contenere l'accumulo per almeno 180 d e non inferiore a 1.500 l. Inoltre sarà eseguito un pozzetto in cemento armato vibrato con le caratteristiche di cui sopra per la raccolta di oli e grassi. Vasca e pozzetto sono dimensionati in funzione della portata degli scarichi da trattare; nel dimensionamento del pozzetto, in particolare, è considerato anche il prelievo dei materiali raccolti a cadenza semestrale. All'interno della vasca sarà posto un setto separatore per il deposito di morchie e fanghi; un'apposito apparato di sfioro ubicato sempre all'interno della vasca provvederà alla separazione di oli e grassi per convogliarli nel pozzetto di raccolta. Il disoleatore sarà munito dei necessari filtri, delle tubazioni di collegamento e raccordo, nonché dei

collegamenti in entrata e in uscita.

8.4.2 **Per trattamento acque meteoriche di piazzale**

Trattasi di un impianto di disoleazione in continuo realizzato e certificato secondo il sistema S II I P della normativa UNI EN 858 parte 1 e 2, atto a garantire la separazione di liquidi leggeri non emulsionati (oli minerali, idrocarburi, ecc.) nel rispetto della tabella "A" di cui alla legge n. 319 del 10.05.76. L'impianto dovrà essere realizzato secondo i disegni di progetto in elementi prefabbricati con calcestruzzo auto compattante (SCC Classe di consistenza del calcestruzzo fresco UNI EN 206-1 S5 superfluida) qualità minima C50/60 B6 XA2T con classe C50/60 in conformità al punto 4.3.1 della EN 206-1:2001 resistente alle sostanze chimiche senza fabbisogno di trattamenti tipo resina epossidica o altro. Il calcestruzzo inoltre dovrà essere "ad Altissima Resistenza ai Solfati" classificato secondo le norme UNI 9156, dovrà essere ricco di C2S eC4AF, per resistere alle acque aggressive e ad alto contenuto salino. Al fine di evitare fenomeni espansivi causati dal composto chimico fra acque solfatiche o selenitose e l'alluminato tricalcico il calcestruzzo dovrà essere privo di C3A, che non solo garantirà la massima resistenza ai solfati ma conferirà al prodotto un'alta resistenza alle aggressioni di acque carboniche ed acide e lo renderà particolarmente idoneo all'uso in ambiente marino e a contatto con gliceridi (oli e grassi). Il calcestruzzo inoltre dovrà avere una comprovata resistenza chimica agli oli minerali avendo effettuato test di schiacciamento secondo EN 858 dopo prova di 1000 ore in immersione con:

- acqua demineralizzata tenuta a (40 ± 2) °C
- olio combustibile in conformità alla ISO 8217, designazione ISO-F-DMA, tenuto a (23 ± 2) °C;
- combustibile senza piombo in conformità alla EN 228 tenuto a (23 ± 2) °C;
- una miscela tenuta a (40 ± 2) °C, come segue:-90% (m /m) di acqua demineralizzata;
- 0,75% (m /m) di idrossido di sodio;
- 3,75% (m /m) di ortofosfato di sodio;
- 0,50% (m /m) di silicato di sodio;
- 3,25% (m /m) di carbonato di sodio;
- 1,75% (m /m) di metafosfato di sodio.

Eventuali giunzioni ad incollaggio (per esempio per pareti divisorie, oppure incollaggio della soletta di copertura) dovranno essere effettuate mediante collanti o resine elastiche. Per il collegamento a tenuta dei tubi di ingresso e uscita dovranno essere effettuati fori mediante carotatura. Le guarnizioni di tenuta dovranno presentare apposite certificazioni secondo EN

682, dovranno essere resistenti agli oli minerali ed inoltre avere un’elevata resistenza alle sostanze chimiche. I fori di ispezione nella soletta di copertura dovranno avere una luce netta di minimo \varnothing 80 cm. Dovranno poi essere forniti chiusini in ghisa sferoidale diam. 600 posati su idonei manufatti tronco conici 80/60 in classe D 400 kN con la dicitura “separator”. L’impianto dovrà essere progettato in modo da resistere ai vari carichi ai quali si prevede, deve essere assoggettato (peso proprio, peso utile, pressione del suolo, pressione dell’acqua) senza alcun danno alle sue funzionalità e all’ambiente, e dovrà essere protetto da possibili flottazioni quando vuoto. Il Calcolo statico, da presentare alla D.L. prima dell’inizio dei lavori, dovrà basarsi sulle norme nazionali che recepiscono quelle europee quando disponibili, o in assenza di esse dovranno basarsi sulla ÖNORM B 2503. Per una buona resistenza generale contro la corrosione e stabilità contro gli effetti della corrosione intercrystallina dei vari acciai elencati nelle EN 10088-1, EN 10088-2 ed EN 10088-3, per la realizzazione delle apparecchiature interne dovrà essere utilizzato esclusivamente acciaio austenitico di qualità almeno X6 CrNi 1810. L’ impianto sarà costituito da una vasca monolitica e dovrà avere una zona di sfangazione grossolana separata dalla zona di separazione oli; la zona di separazione oli di rimanenza sarà invece costituita da una vasca in acciaio inox. Il passaggio a questa zona avverrà attraverso un sistema composto da pacchetti lamellari realizzati in polipropilene vergine inclinati a 45° che grazie alla funzione coalescente permettono alle gocce d’olio più fini di coagulare dando loro la capacità di galleggiare, separando ulteriormente la quantità di oli presenti in soluzione dall’ acqua. Questo passaggio sarà protetto da un sistema di non ritorno sifonato, che eviterà che gli oli già presenti nel separatore possano tornare nella sezione di sfangazione grossolana. Il liquame così trattato, grazie ad un percorso obbligato una volta attraversata la batteria attraverso un sifone ispezionabile raccordato ad una tubazione viene scaricato nel corpo ricettore. Questo filtro, semovibile, dovrà avere un peso massimo (saturo) di 15 kg/cad. al fine di facilitare la manutenzione Il disoleatore dovrà presentare in ingresso uno speciale sistema frangiflutti in acciaio inox al fine di permettere la diffusione del liquame in arrivo su tutta la superficie della zona di sfangazione grossolana. Questo inoltre, dovrà contenere una valvola automatica azionata da galleggiante, che limita e all’occorrenza chiude mediante un sistema azionato da galleggiante la tubazione di ingresso. Il collegamento fra le sezioni di sfangazione dovrà essere realizzato in acciaio inox e polietilene e sarà dotato di una speciale griglia a fori calibrati seguita da un devia flusso avente la funzione di evitare la formazione di dannose turbolenze, facilitando così la separazione degli oli dall’acqua e una più veloce sedimentazione delle sabbie fini presenti in soluzione. L’acqua così trattata, verrà scaricata nel corpo ricettore attraverso una tubazione d’uscita che pesca dal fondo dalla vasca. Per evitare fonti d’inquinamento, sia alla tubazione d’entrata sia a quella d’uscita, dovranno essere installate speciali guarnizioni certificate EN 682 che rendono l’insieme perfettamente

ermetico, evitando così la fuoriuscita di sostanze inquinanti dalle fessure create sulla vasca di cemento per l'inserimento delle tubazioni. La vasca di laminazione sarà costituita da elementi prefabbricati monolitici realizzata con nr. 2 semigusci ed elementi intermedi a forma di "U". Per migliorare la rigidità strutturale fra fondo e pareti degli elementi prefabbricati dovrà essere inclusa una modanatura armata di minimo 15x15 cm. Il semiguscio iniziale dovrà presentare due ingressi nei quali verranno installate valvole di limitazione di portata in acciaio inox. Il semiguscio finale presenterà apposito foro rinforzato sul fondo al fine di incastrarsi perfettamente e garantire la tenuta con un altro prefabbricato circolare appositamente realizzato con fondo conico avente funzione di stazione di pompaggio. Le piastre di copertura dovranno essere costruite in elementi prefabbricati massicci con piastre di cemento armato con uno spessore minimo di 25 cm, aventi lo stesso ingombro degli elementi prefabbricati e con incastro del tipo DIN 4034. Tutti gli elementi dovranno essere realizzati con calcestruzzo auto compattante (SCC Classe di consistenza del calcestruzzo fresco UNI EN 206-1 S5 superfluida) qualità minima C50/60 B6 XA2T con classe C50/60 in conformità al punto 4.3.1 della EN 206-1:2001 resistente alle sostanze chimiche senza fabbisogno di trattamenti tipo resina epossidica o altro. Il calcestruzzo dovrà essere ""ad Altissima Resistenza ai Solfati"" classificato secondo le norme UNI 9156, dovrà essere ricco di C2S eC4AF, per resistere alle acque aggressive e ad alto contenuto salino. Al fine di evitare fenomeni espansivi causati dal composto chimico fra acque solfatiche o selenitose e l'alluminato tricalcico il calcestruzzo dovrà essere privo di C3A, che non solo garantirà la massima resistenza ai solfati ma conferirà al prodotto un'alta resistenza alle aggressioni di acque carboniche ed acide e lo renderà particolarmente idoneo all'uso in ambiente marino e a contatto con gliceridi (oli e grassi). Il calcestruzzo inoltre dovrà avere una comprovata resistenza chimica agli oli minerali avendo effettuato test di schiacciamento dopo prova di 1000 ore in immersione con:

- acqua demineralizzata tenuta a (40 ± 2) °C
- olio combustibile in conformità alla ISO 8217, designazione ISO-F-DMA, tenuto a (23 ± 2) °C;
- combustibile senza piombo in conformità alla EN 228 tenuto a (23 ± 2) °C;
- una miscela tenuta a (40 ± 2) °C, come segue:-90% (m /m) di acqua demineralizzata;
- 0,75% (m /m) di idrossido di sodio;
- 3,75% (m /m) di ortofosfato di sodio;
- 0,50% (m /m) di silicato di sodio;
- 3,25% (m /m) di carbonato di sodio;
- 1,75% (m /m) di metafosfato di sodio.

Ciascuna prova durerà 1 000 h. Dopo le prove di immersione i provini dovranno essere sciacquati con acqua, asciugati all'aria a (20 ± 3) °C per 24 h quindi ispezionati per verificarne la conformità compressione minima C 50/60 secondo quanto prescritto dalla EN858-1 punto 8.1.4.1, 6.2.7, e 6.2.2. L'impermeabilizzazione dovrà essere garantita mediante 2 sistemi di guarnizione, resistenti nel tempo ed che agiscono indipendentemente l'uno dall'altro. Le guarnizioni interne, per le quali dovranno essere presentate apposite certificazioni secondo EN 681 e 682, dovranno essere resistenti agli oli minerali ed inoltre avere un'elevata resistenza alle sostanze chimiche. Le pareti divisorie dovranno da entrambi i lati essere dotate di una modanatura per l'incollaggio di 2 x 2 cm. Tutte le pareti portanti, in aggiunta all' incollaggio, dovranno essere ancorate mediante staffaggio M24. Per il collegamento a tenuta dei tubi di ingresso e uscita dovranno essere inseriti in fase di realizzazione del prefabbricato idonei manicotti. L'armatura ed i calcoli statici dovranno essere realizzati secondo EUROCODE 2 e/o OENORM B4700 ed inserita come gabbia con distanziali in cls da 4 cm. I disegni esecutivi dell'armatura, con adeguati calcoli statici secondo ÖNORM B4002, ritombamento soletta max. 2 metro ($\gamma=20$ kN/m³), eseguiti per classe di carico I, dovranno essere presentati alla D.L. prima della consegna dei manufatti per l' approvazione e l' accettazione. Il ricoprimento in cls dell'armatura dovrà essere di minimo 4 cm. Il collegamento dei singoli elementi dovrà avvenire ad accoppiamento dinamico mediante appositi bulloni di ancoraggio inseriti per almeno 140 cm nel cemento. Ciascun elemento dovrà essere imbullonato con 12 bulloni del tipo M20 anticorrosivi. Per garantire la massima tenuta dovrà essere montato per ciascun collegamento a vite un distanziale anticorrosivo di 100 x 100 mm. Tenuta garantita secondo ÖNORM B 2503. I fori di ispezione nella soletta di copertura dovranno avere una luce netta di minimo \varnothing 80 cm. Dovranno poi essere forniti chiusini in ghisa sferoidale diam 600 posati su idonei manufatti troco conici 80/60 in classe D 400 kN. Il collegamento fra le eventuali sezioni dovrà essere realizzato con l' ausilio di speciali guarnizioni certificate EN 682 che renderanno l'insieme perfettamente ermetico, evitando così la fuoriuscita di sostanze inquinanti dalle fessure create sulla vasca di cemento. La Direzione Lavori, si riserva la facoltà di nominare un ispettore di ente terzo con l'incarico di valutare i collaudi effettuati e la documentazione fornita a corredo.

8.5 *Canne Fumarie*

Saranno del tipo a doppia parete:

- in cotto con innesti sigillati a cemento;
- ad intercapedine in calcestruzzo ad alta resistenza confezionato con argilla espansa;

- in elementi prefabbricati modulari a sezione circolare, del diametro interno di 25 cm, realizzati con lamiere in acciaio inox AISI 316, dello spessore di 0,4 mm, con intercapedine di 25 mm riempita con lana minerale della densità di 165 kg/m³;

di dimensioni secondo le indicazioni di progetto, nel rispetto del regolamento emanato in esecuzione della legge 13.7.1966 n. 615 (D.P.R. 24.10.1967 n. 1.288 e successivi aggiornamenti). Al piede della canna fumaria deve essere costituita una camera per la raccolta e lo scarico dei materiali solidi, nella cui parte inferiore deve essere praticata un'apertura munita di sportello metallico a doppia parete di chiusura, a tenuta d'aria, per l'estrazione dei depositi e l'ispezione della canna. La superficie utile in pianta della camera deve essere pari ad 1,5 volte quella interna della canna; l'altezza della camera non deve essere inferiore ad 1/30 dell'altezza della canna fumaria sovrastante, con un minimo di 0,50 m. In sommità della canna fumaria dovrà essere fornito e posto in opera un diffusore ad aspirazione statica. Sulla canna dovrà inoltre essere predisposta una placca metallica con due fori muniti di sportelli per il prelievo di campioni e il rilevamento della temperatura dei fumi. La lavorazione sarà completata dalla fornitura e posa in opera dei ferri di ancoraggio alle strutture, dei pezzi speciali, nonché le opere murarie.

9 MURATURE

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.

9.1 *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.

9.2 *Modalità Esecutive*

9.2.1 *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.

9.2.2 *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 riempi 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.

9.2.3 *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.

9.2.4 *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 dei 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.

9.2.5 *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.

9.2.6 *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 connesure 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 dei 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 connesure delle facce viste dovranno essere profilate con cemento a lenta presa, diligentemente compresso e lisciato mediante apposito ferro.

9.2.7 *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.

9.2.8 *Tecniche di base per la posa*

9.2.8.1 *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.

9.2.8.2 *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.

Sollepati 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.

9.2.8.3 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.

9.2.9 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.

9.2.9.1 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.

9.2.9.2 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.

9.3 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.

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.

9.3.1 *Controlli documentali*

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

9.3.2 *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.

9.3.3 *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.

9.4 *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.

9.5 *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.

9.6 *Normativa Di Riferimento*

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

9.7 *Misurazione E Contabilizzazione*

9.7.1 *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, 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.

9.7.2 Criteri di misura

9.7.2.1 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.

9.7.2.2 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

10 FONDAZIONI PROFONDE

Le strutture che si andranno ad esaminare in questo capitolato hanno particolare importanza per la loro interazione con il terreno e sono utilizzate per trasmettere i carichi al terreno al fine di fornire stabilità e rigidità alle strutture in elevazione, o per contrastare le spinte del terreno.

Prioritariamente quando è necessario trasmettere i carichi a strati più resistenti o comunque trasferirli principalmente in profondità, si ricorre a fondazioni su pali, cioè elementi allungati, generalmente in calcestruzzo o in acciaio.

In questo tipo di fondazione il carico è trasmesso al terreno per attrito e/o adesione laterale lungo il fusto ed in parte per pressione al di sotto della punta.

La scelta di optare per una fondazione su pali è 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 la realizzazione si ha asportazione del terreno.

La scelta della tipologia di pali da impiegare dipende da alcuni fattori come:

- natura del terreno;
- entità dei carichi da trasmettere al terreno;
- modifiche indotte dalla realizzazione dei pali (funzione della tecnologia);
- attrezzature disponibili in relazione agli spazi di manovra;
- effetti sulle costruzioni adiacenti (se presenti)

Questi vincoli infatti comportano che:

- i pali infissi non sono adatti in terreni ad alta resistenza od in terreni eterogenei con trovanti;
- l'infissione comporta un benefico addensamento solo se eseguito in terreni incoerenti; nei terreni coesivi saturi, l'infissione infatti incrementa solo le pressioni neutre senza addensare (agli eccessi può liquefare il terreno);
- l'infissione comporta l'impiego di attrezzature di grandi dimensioni e determina trasmissione di vibrazioni;
- la realizzazione di pali, specie se realizzati in opera (e non prefabbricati) richiede maestranze specializzate.

Conseguentemente la scelta operata dal progettista relativamente a queste strutture di fondazione risulta fondamentale per la corretta esecuzione dell'opera sovrastante.

Il presente Capitolato intende fornire le caratteristiche, i criteri di controllo ed accettazione sui materiali da utilizzarsi per la corretta esecuzione delle opere in argomento.

Pur nella consapevolezza della responsabilità del progettista dell’opera nella scelta tipologica delle strutture di sottofondazione, nel prosieguo vengono analizzate le tipologie che il Committente ritiene tecnicamente e più comunemente oggi utilizzate.

10.1 *Classificazione*

10.1.1 *Diaframmi E Palancole*

Per diaframma si intende un’opera costituita da una serie di pannelli in calcestruzzo semplice o armato, gettati in opera o prefabbricati, collegati tra di loro mediante vincoli di vario genere, per la difesa di fondazioni di opere preesistenti o da costruire, per pareti di contenimento, per difese fluviali e traverse in alveo.

Con palanca si definisce un diaframma realizzato mediante infissione nel terreno di profilati metallici, di sezione generalmente a forma di U aperta, i cui bordi laterali, detti gargami, sono sagomati in modo da realizzare una opportuna guida all’infissione del profilato adiacente disposto in posizione simmetricamente rovesciata.

In genere le palancole metalliche vengono utilizzate per realizzare opere di sostegno provvisorio di scavi di modesta profondità, con particolare riferimento alla necessità di garantire l’impermeabilità delle opere medesime all’acqua (scavi sotto falda, scavi in alveo, ecc.).

10.1.2 *Pali E Micropali*

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 ($d \leq 250$ mm) ed armatura metallica, connessi al terreno mediante:

- riempimento a gravità;
- riempimento a bassa pressione;
- iniezione ripetuta ad alta pressione.

10.1.3 *Fondazioni A Pozzo*

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.

10.2 *Caratteristiche, Modalità Di Esecuzione E Controlli Di Accettazione*

10.2.1 *Diaframmi E Palancole*

- **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.

- **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.

- **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.

- **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.

- 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.

10.2.1.2 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.

10.2.1.3 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.

10.2.1.4 Prove Su Pannelli Strumentati

Ove i pannelli siano di tipo strumentato, oltre alle prove di carico assiale e laterale, per cui valgono i controlli descritti ai precedenti punti, si dovrà procedere subito dopo il getto del pannello, ai controlli di funzionalità della strumentazione installata.

Successivamente verranno effettuate le letture alle seguenti scadenze:

1° controllo: a 7 giorni;

2° controllo: a 14 giorni;

3° controllo: a 28 giorni;

4° controllo: immediatamente prima della prova di carico;

La lettura al 4° controllo fungerà da origine per le successive letture in fase di prova di carico.

Per quanto riguarda la prova di carico laterale, questa avverrà con l'ausilio del tubo inclinometrico e con gli estensimetri elettrici già predisposti.

Il controllo delle deformazioni avverrà con l'ausilio di tubi inclinometrici annegati nel getto di calcestruzzo.

Le misure saranno effettuate con una sonda inclinometrica di tipo bi-assiale.

La frequenza delle misure verrà stabilita dalla D.L., in relazione ai programmi di scavo del pannello ed alla messa in trazione degli eventuali tiranti di ancoraggio. L'esito delle prove sarà registrato in una apposita scheda in cui sarà indicato, per ogni pannello:

- i dati identificativi del pannello rispetto alla planimetria;
- la data di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- il tipo di sonda inclinometrica impiegata;
- i dati sulla torsione iniziale dei tubi guida;
- le registrazioni dei dati inclinometrici rilevati

10.2.2 Palancole

Le palancole vengono utilizzate quasi esclusivamente come opera provvisoria.

L'Impresa comunicherà preventivamente alla Direzione dei lavori le modalità esecutive che intende adottare per le infissioni nonché il programma cronologico di infissione di tutte le palancole.

L'Impresa dovrà eseguire a sua cura e spese misure vibrazionali di controllo per verificare se vengono o meno superati i limiti di accettabilità imposti dalle norme DIN 4150. Nella eventualità di superamento di tali limiti, la stessa impresa dovrà sottoporre alla Direzione Lavori, per la necessaria approvazione, i provvedimenti che intende adottare per proseguire le lavorazioni nel rispetto del range di accettabilità.

10.2.2.1 Controlli In Fase Esecutiva

Durante la realizzazione del palancolato, si dovrà registrare su apposita scheda, compilata dall'Impresa in contraddittorio con la DL, il riscontro delle tolleranze ammissibili:

- posizione planimetrica dell'asse mediano del palancolato : ± 3 cm
- verticalità : ± 2 %
- quota testa : ± 5 cm
- profondità : ± 25 cm

Qualora l'infissione risultasse ostacolata, l'Impresa, previo accordo della Direzione Lavori e previa verifica della congruità progettuale dell'opera, potrà limitare l'infissione a quote superiori, provvedendo al taglio della parte di palancola eccedente rispetto alla quota di testa prevista in progetto.

Per ciascun elemento infisso mediante battitura o vibrazione, l'Impresa oltre al controllo delle tolleranze, dovrà redigere una scheda indicante:

- n. progressivo della palancola, riportato sulla planimetria di progetto
- dati tecnici della attrezzatura
- tempo necessario per l'infissione
- informazioni relative alla locale stratigrafia
- tabella dei colpi per l'avanzamento (ove applicabile)
- note aggiuntive su eventuali anomalie o inconvenienti

In presenza di anomalie o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, di mancato raggiungimento della quota di progetto e qualsiasi altra anomalia, l'Impresa è tenuta a comunicare ciò alla Direzione Lavori, concordando l'eventuale riesame della progettazione o gli opportuni provvedimenti.

Per la fase di estrazione si compilerà un'analogha scheda, a quella descritta precedentemente.

10.2.3 Materiali Da Utilizzare

10.2.3.1 Conglomerato Cementizio

Sarà conforme a ciò che è prescritto nel progetto e nel Capitolato sezione "calcestruzzi".

10.2.3.2 Armature Metalliche

Le armature metalliche dovranno essere realizzate in conformità a ciò che è prescritto in progetto e nel Capitolato sezione “armature”.

10.2.3.3 Palancole Metalliche

Dovranno essere utilizzati profilati aventi forma, sezione, spessore, lunghezza, conformi a quanto previsto dal progetto.

Usualmente, e salvo differenti prescrizioni progettuali, l'acciaio delle palancole dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- tensione di rottura $f_t = 550 \text{ N/mm}^2$
- limite elastico $f_y = 390 \text{ N/mm}^2$.

La superficie delle palancole dovrà essere convenientemente protetta con una pellicola di bitume o altro materiale protettivo. I bordi di guida dovranno essere perfettamente allineati e puliti.

10.2.4 Pali E Micropali

Indipendentemente dalla tipologia di palo da realizzare, prima di iniziare la perforazione e/o l'infissione, l'impresa provvederà a segnare fisicamente sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo indicato sulla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata dall'impresa alla Direzione Lavori, dovrà indicare la posizione di tutti i pali, **inclusi quelli di prova**, contrassegnati con numero progressivo.

Per i pali infissi, l'Impresa esecutrice dovrà presentare un programma cronologico di infissione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi dell'infissione stessa sulle opere vicine e sui pali già installati (in genere interasse non inferiore a 3 diametri).

L'Impresa avrà cura di non provocare inquinamenti di superficie o della falda per incontrollate scariche dei detriti e/o dei fanghi bentonitici (ove utilizzati).

10.2.5 Pali Trivellati

Trattasi di pali ottenuti mediante l'asportazione di terreno e sua sostituzione con conglomerato cementizio armato, con l'impiego di perforazione a rotazione o rotopercolazione, eseguiti in materiali di qualsiasi natura e consistenza (inclusi muratura, calcestruzzi, trovanti, strati cementati e roccia dura), anche in presenza di acqua e/o in alveo con acqua fluente.

Sulla scorta delle previsioni progettuali potranno essere adottate diverse tipologie di pali trivellati:

10.2.5.1 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.

10.2.5.2 Pali trivellati con fanghi (bentonitici o biodegradabili o polimerici)

Le caratteristiche specifiche dei fanghi saranno esplicitate in APPENDICE.

Il livello del fango nel foro dovrà in ogni caso essere più alto della massima quota piezometrica delle falde presenti nel terreno lungo la perforazione.

La distanza minima fra gli assi di due perforazioni attigue in corso appena ultimate o in corso di getto, dovrà essere tale da impedire pericolosi fenomeni di interazione e comunque non inferiore ai 5 diametri.

Se nella fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del conglomerato cementizio, etc.), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimarla solo nell'imminenza del getto. Il materiale portato in superficie dovrà essere sistematicamente portato a scarica.

Completata la perforazione, si procederà alla sostituzione del fango sino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia, ed alla pulizia del fondo foro.

10.2.5.3 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.

10.2.5.4 Controlli In Fase Esecutiva Su Pali Trivellati

Controlli di accettazione saranno mirati a verificare che ogni lotto di armatura posto in opera, sia accompagnato dai relativi certificati del fornitore, e comunque essere conforme alle prescrizioni di progetto e capitolato previste per tale materiale.

Per quanto riguarda il calcestruzzo e l'eventuale rivestimento in acciaio, dovrà essere controllata la provenienza e la coerenza con gli studi preliminari condotti dall'Impresa, sulla scorta delle indicazioni progettuali, ed approvati preventivamente dalla DL.

Per ciascun palo l'Impresa dovrà fornire alla DL una scheda dove verranno riportati sia i risultati dei controlli delle tolleranze e sia i risultati dei seguenti controlli:

- n° progressivo del palo così come riportato nella planimetria di progetto;
- informazioni relative alla locale stratigrafia;
- dati tecnici dell'attrezzatura;
- data di inizio e fine perforazione, nonché di inizio e fine getto;
- eventuali impieghi dello scalpello o altri utensili per il superamento di zone cementate o rocciose e corrispondente profondità di inizio e fine tratta;
- profondità di progetto;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione, e la stessa prima di calare il tubo getto;
- risultati dei controlli eseguiti sull'eventuale fango di perforazione e della presenza dell'eventuale controcamicia;
- additivi usati per il fango;
- caratteristiche dell'eventuale rivestimento metallico;
- il rilievo della quantità di calcestruzzo impiegato per ogni palo. Il rilievo dose per dose (dose = autobetoniera) dell'assorbimento di calcestruzzo e del livello raggiunto dallo stesso entro il foro in corso di getto, sarà fatto impiegando uno scandaglio a base piatta, su almeno i primi 10 pali e sul 10% dei pali successivi. In base a questo rilievo potrà essere ricostituito l'andamento del diametro medio effettivo lungo il palo (profilo di getto).;
- misura dello "slump" (per ogni betoniera o per ogni 10 m³ di materiale posto in opera);
- numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa, così come indicato nel presente Capitolato, ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- geometria delle gabbie di armatura;
- risultati delle eventuali prove effettuate e richieste dalla DL;
- caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto e lotto di appartenenza dello stesso.
- I risultati dell'operazione di scapitozzatura e dell'eventuale ripristino del palo sino alla quota di sottoplinto.

Per quanto riguarda le tolleranze che potranno essere ammesse, la DL sarà tenuta a controllare che.

- la posizione planimetrica dei pali non dovrà discostarsi da quella di progetto più del 5% del diametro nominale del palo salvo diversa indicazione della Direzione Lavori.
- la verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 2%.
- per ciascun palo, in base all'assorbimento complessivo, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra “- 0,01 D” e “+ 0,1 D”;

La Direzione Lavori procederà pertanto alla contabilizzazione dell'opera tenendo conto della sola misura nominale prevista in progetto.

Per quanto riguarda verifiche e controlli sui fanghi eventualmente utilizzati in corso di perforazione, si rimanda agli specifici paragrafi in APPENDICE.

10.2.6 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:

10.2.6.1 Micropali a iniezioni ripetute ad alta pressione

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercolazione, con rivestimento continuo e circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar, rispettivamente.

Nel caso di perforazione a roto-percolazione con martello a fondo-foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata $\geq 10 \text{ m}^3/\text{min}$
- 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.

10.2.6.2 Micropali con riempimento a gravità o a bassa pressione:

Nella conduzione della perforazione ci si atterrà alle prescrizioni indicate al paragrafo precedente.

Completata la perforazione e rimossi i detriti si provvederà ad inserire entro il foro l'armatura che dovrà essere conforme ai disegni di progetto.

La cementazione potrà avvenire con riempimento a gravità o con riempimento a bassa pressione.

Nel primo caso il riempimento del foro, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire tramite un tubo di alimentazione disceso fino a 10-15 cm dal fondo, collegato alla pompa di mandata o agli iniettori.

Il riempimento sarà proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie senza inclusioni o miscele con il fluido di perforazione. Si dovrà accertare la necessità o meno di effettuare 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.

10.2.7 Pali Secanti

I pali secanti dovranno essere realizzati secondo le metodologie e le tecniche indicate dal progetto e nel rispetto delle prescrizioni contenute nel Capitolato per i pali trivellati

10.2.8 Controlli In Fase Esecutiva Su Micropali

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

- la posizione planimetrica non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, salvo diverse indicazioni della DL;
- la deviazione dell'asse del micropalo rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore del 2%;

- la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto;
- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di perforazione di progetto;

Ogni micropalo non conforme alle tolleranze stabilite dovrà essere idoneamente sostituito a cura e spese dell'impresa.

Oltre alle tolleranze sopra indicate, la D.L. dovrà effettuare i seguenti controlli.

Ciascun lotto, posto in opera, di armature metalliche, nonché di tubi e di profilati di acciaio, dovrà essere accompagnato dai relativi certificati del fornitore ed essere conforme alle indicazioni di progetto.

Per quanto riguarda le malte e le miscele cementizie, le stesse dovranno essere prequalificate a carico dell'impresa

Nel caso si impieghino come fluidi di perforazione dei fanghi bentonitici, questi dovranno essere assoggettati ai medesimi controlli riportati in appendice.

Il controllo della profondità dei prefori, rispetto alla quota di sottopinto, verrà effettuato in doppio modo:

- in base alla lunghezza delle aste di perforazione immerse nel foro al termine della perforazione, con l'utensile appoggiato sul fondo;
- in base alla lunghezza dell'armatura.

In corso di iniezione si preleverà un campione di miscela sul 10% dei micropali, sul quale si verificherà la rispondenza alle previsioni progettuali per la resistenza delle malte.

Con il campione di miscela dovranno essere altresì confezionati dei provini da sottoporre a prove di compressione monoassiale, nella misura del 10% dei micropali.

L'esecuzione del singolo micropalo sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori di una apposita scheda sulla quale si registreranno i dati seguenti:

- rilievi stratigrafici del terreno;
- identificazione del micropalo;
- dati tecnici dell'attrezzatura di perforazione;
- data di inizio perforazione e termine getto (o iniezione);
- fluido di perforazione impiegato;
- profondità di progetto;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- profondità del foro all'atto della posa in opera dell'armatura;
- geometria e tipologia dell'armatura;
- volumi di miscela 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.

10.2.9 *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.

10.3 *Pozzi Di Fondazione*

L'esecuzione del pozzo può interessare materie di qualsiasi natura e consistenza, anche in presenza di acqua; dovrà avvenire garantendo durante le fasi di lavoro la stabilità delle pareti dello scavo in modo tale da evitare frammenti e da minimizzare la riduzione delle caratteristiche meccaniche del terreno circostante.

Il sostegno delle pareti di scavo dovrà essere affidato ad interventi di sottomurazione o ad elementi prefabbricati affondati progressivamente con l'avanzare dello scavo, nonché a coronelle di pali o micropali affiancati.

Raggiunta la quota di base del pozzo, la parte strutturale dovrà risultare realizzata in modo conforme a quanto stabilito in progetto, in dipendenza della funzione assegnata al pozzo e delle condizioni geotecniche e idrogeologiche del sottosuolo.

Il materiale di risulta, proveniente dallo scavo, se ritenuto non idoneo al suo reimpiego, dovrà essere portato a discarica

Le modalità ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere conformi ai progetti ed approvati dalla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

Dopo ogni fase di scavo verrà posta in opera una centinatura metallica o un anello in c.a. ed un eventuale prerivestimento in conglomerato cementizio spruzzato armato con rete in acciaio elettrosaldato, di tipologie e dimensioni come riportate negli elaborati progettuali.

Qualora ricorra la possibilità che possano derivare danni alle proprietà limitrofe, il benessere della Direzione Lavori all'impiego di esplosivo è subordinato ai risultati di misure vibrazionali e di controllo che l'Impresa dovrà eseguire a sua cura e spese secondo schemi e metodologie approvate dalla stessa Direzione Lavori.

Nel corso dello scavo del pozzo l'Impresa dovrà registrare su scheda la natura dei materiali attraversati.

Prima del getto del conglomerato cementizio magro di regolarizzazione del fondo dello scavo, ciascun pozzo dovrà essere ispezionato dalla Direzione Lavori, cui compete il benessere al getto.

Dovrà essere sempre assicurato l'emungimento di venute d'acqua per cui l'impresa provvederà a indicare alla Direzione Lavori gli opportuni mezzi di esaurimento ed abbattimento della falda.

Qualora durante le fasi di scavo si manifestino rilasci o cavità lungo le pareti, l'Impresa dovrà provvedere tempestivamente a sua cura e spese, ad eseguire iniezioni di intasamento con le modalità che saranno via via indicate dalla Direzione Lavori.

10.3.1 *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.

10.4 Prove Di Carico Su Pali E Micropali

10.4.1 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.

10.5 Misurazione E Contabilizzazione

10.5.1 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.

10.5.2 Criteri Di Misura

10.5.2.1 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.

10.5.2.2 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.

10.5.2.3 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 una profondità minore di 20 (venti) cm sotto il livello costante cui si stabiliscono le acque. Per profondità maggiori verrà corrisposto all'Impresa il compenso stabilito nell'Elenco dei Prezzi.

10.6 Non conformità

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.

10.7 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.

10.8 *Manutenzione*

Come già più volte ripetuto, le strutture analizzate nel presente capitolato permettono alle strutture sovrastanti (ponti, viadotti, muri, etc.) di trasmettere i carichi in profondità nel terreno di fondazione verso strati più resistenti.

Ovviamente non può ipotizzarsi una manutenzione diretta di tali strutture interrato; occorrerà quindi valutare, nel corso delle verifiche periodiche previste dal piano di manutenzione delle strutture in elevazione sovrastanti, se le medesime presentino lesioni e/o dissesti direttamente riconducibili a fenomeni correlati alle fondazioni profonde (rotazioni, cedimenti, etc.); in tal caso si dovrà procedere con indagini mirate ad accertare le cause del cedimento.

10.9 *Normative E Riferimenti*

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente, alle seguenti normative:

- D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 e succ. mod. ed integrazioni.
- Circolare 02 Febbraio 2009 n.617/C.S.LL.PP.
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11/03/1988.
- Circolare LL.PP. n° 30483 del 24/09/1988;
- Norme UNI di riferimento
- ASTM D1143-81 "Standard Test Method for piles under static and compressive load".
- DIN 4150
- Associazione Geotecnica Italiana, Raccomandazioni sui pali di fondazione, Dic. 1984

10.10 *Appendice*

10.10.1 *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.

10.10.1.1 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 campionario, 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 campionario, 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.

10.10.1.2 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.

10.10.1.3 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.

10.10.1.4 Smaltimento Fanghi

lo smaltimento avverrà mediante una ditta autorizzata, con ritorno della quarta copia del formulario al detentore, così da poter verificare il corretto smaltimento dei medesimi.

La gestione dei rifiuti in cantiere avverrà mediante l'allestimento di cassoni temporanei atti a contenere tutti i materiali di risulta. Infatti questi, durante le fasi di scavo, verranno convogliati nei cassoni di contenimento.

In particolare nell'area di cantiere, oltre a posizionare in maniera appropriata la perforatrice e le attrezzature di corredo, sarà organizzato il sistema di gestione dei fluidi di trivellazione e dei relativi residui.

Tale struttura è formata dai seguenti componenti, tutti costituiti da carpenteria metallica e collocati soprasuolo:

- a) vasche di circolazione del volume;
- b) apparecchiatura per la separazione meccanica dei detriti dal fango (vibrovaglio);
- c) vasca di stoccaggio del volume, destinata ad accogliere temporaneamente i detriti prima del loro trasporto a rifiuto.

Il fango estratto sarà in tal caso depurato in un secondo tempo, oppure convogliato a rifiuto presso discariche autorizzate, nel rispetto delle vigenti Norme di Legge.

10.10.2 Tecnica Di Prove Di Carico Su Pali E Micropali

10.10.2.1 Prove Su Pali Di Grande Diametro

10.10.2.2 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.

10.10.2.3 Attrezzatura e dispositivi di prova

Il carico sarà applicato mediante uno o più martinetti idraulici, con corsa ≥ 200 mm, posizionati in modo da essere perfettamente centrati rispetto all'asse del palo.

I martinetti saranno azionati da una pompa idraulica esterna. Martinetti e manometro della pompa saranno corredati da un certificato di taratura recente (≈ 3 mesi).

Nel caso di impiego di più martinetti occorre che:

- i martinetti siano uguali;
- l'alimentazione del circuito idraulico sia unica.

La reazione di contrasto sarà di norma ottenuta tramite una zavorra la cui massa M dovrà essere non inferiore a 1,2 volte la massa equivalente al massimo carico di prova:

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

La zavorra sarà sostenuta con una struttura costituita da una trave metallica di adeguata rigidità sul cui estradosso, tramite una serie di traversi di ripartizione, vanno posizionati blocchi di calcestruzzo o roccia.

In alternativa la zavorra potrà essere sostituita con:

- pali di contrasto, dimensionati a trazione;
- tiranti di ancoraggio collegati ad un dispositivo di contrasto.

In questi casi si avrà cura di ubicare i pali o i bulbi di ancoraggio dei tiranti a sufficiente distanza dal palo di prova (minimo 3 diametri).

L'Impresa, nel caso di prove di carico con pali di contrasto, dovrà redigere un progetto dettagliato delle prove di carico indicando numero, interassi, dimensioni, e lunghezza dei pali;

Qualora sia richiesto l'uso di una centralina oleodinamica preposta a fornire al/ai martinetti la pressione necessaria, questa dovrà essere di tipo sufficientemente 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 $\approx 120^\circ$ intorno all'insieme palo-terreno.

Il sistema di riferimento sarà costituito da una coppia di profilati metallici poggianti su picchetti infissi al terreno ad una distanza di almeno 3 diametri dal palo.

Il sistema sarà protetto dall'irraggiamento solare mediante un telo sostenuto con un traliccio di tubi innocenti.

Preliminarmente all'esecuzione delle prove saranno eseguiti cicli di misure allo scopo di determinare l'influenza delle variazioni termiche e/o di eventuali altre cause di disturbo.

Dette misure, compreso anche il rilievo della temperatura, saranno effettuate per un periodo di 24 ore con frequenze di 2 ore circa.

10.10.2.4 Preparazione ed esecuzione della prova

I pali prescelti saranno preparati mediante regolarizzazione della testa previa scapitozzatura del calcestruzzo e messa a nudo del fusto per un tratto di ≈ 50 cm.

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite n.3 staffe metalliche, a 120° , per la successiva apposizione dei micrometri.

Sopra la testa regolarizzata si stenderà uno strato di sabbia di circa 3 cm di spessore, oppure una lastra di piombo.

Si provvederà quindi a poggiare una piastra metallica di ripartizione del carico di diametro adeguato, in modo da ricondurre la pressione media sul conglomerato a valori compatibili con la sua resistenza a compressione semplice.

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 diametri dall'asse del palo.

L'altezza dei due appoggi deve essere sufficiente a consentire il posizionamento dei martinetti e dei relativi centratori e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti ($h_{\min.} = 1,5 \text{ m}$).

Tra i martinetti e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave o struttura di contrasto farà capo a pali o tiranti di ancoraggio.

10.10.2.5 Programma di carico

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alla finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede due cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

1° CICLO

a) Applicazione di "n" ($n \geq 4$) gradini di carico successivi, di entità pari a δP , fino a raggiungere il carico P_{ES} .

b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

- $t = 0$ (applicazione del carico)
- $t = 2'$
- $t = 4'$
- $t = 8'$
- $t = 15'$

Si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore.

Il cedimento è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ($t = 15'$):

$$\delta_s \leq 0.025 \text{ mm.}$$

Per il livello corrispondente a P_{ES} il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 4 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a:

- $t = 0$

- t = 5'
- t = 10'
- t = 15'

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a:

- t = 30'
- t = 45'
- t = 60'
-

2° CICLO

a) Applicazione di "m" ($m \geq 9$) gradini di carico δP fino a raggiungere il carico P_{prova} (o P_{lim}).

b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al punto "b" del 1° Ciclo.

c) Il carico P_{prova} , quando è minore di P_{lim} , sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini (di entità $3 \delta P$) con misure a:

- t = 0
- t = 5'
- t = 10'
- t = 15'
-

A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a $t = 60'$; una lettura finale sarà effettuata 12 ore dopo che il palo è stato completamente scaricato.

Si considererà raggiunto il carico limite P_{lim} , e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando risulti verificata una delle seguenti condizioni:

- cedimento (P_{lim}) ≥ 2 cedimento ($P_{lim} - \delta P$)
- cedimento (P_{lim}) $\geq 0,10$ diametri.

10.10.2.6 Risultati della prova

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

- il n° del palo con riferimento ad una planimetria;
- l'orario di ogni singola operazione;
- la temperatura;

- il carico applicato;
- il tempo progressivo di applicazione del carico;
- le corrispondenti misure di ogni comparatore;
- i relativi valori medi;
- le note ed osservazioni.

Le tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento costituiranno il verbale della prova.

Le date e il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati alla Direzione Lavori con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio.

La documentazione fornita dall'esecutore della prova dovrà comprendere i seguenti dati:

- tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento che le indicazioni singole dei comparatori e la loro media aritmetica; (Sono richieste anche le fotocopie chiaramente leggibili della documentazione originale di cantiere - "verbale").
- diagrammi carichi-cedimenti finali per ciascun comparatore e per il valore medio; diagrammi carichi-cedimenti (a carico costante) per ciascun comparatore e per il valore medio;
- numero di identificazione e caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro);
- stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati);
- geometria della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, etc.);
- disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione;
- scheda tecnica del palo, preparata all'atto dell'esecuzione.
- relazione tecnica riportante l'elaborazione dei dati e l'interpretazione della prova medesima nonché l'individuazione del carico limite con il metodo dell'inverse pendenze.

10.10.2.7 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.

10.10.2.8 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.

10.10.2.9 Preparazione ed esecuzione della prova

Si applicano integralmente le specifiche esposte in precedenza per i pali di grande diametro.

10.10.2.10 Prove Di Carico Laterale

Queste prove dovranno essere effettuate nel caso in cui i pali di fondazione siano stati progettati per resistere a carichi orizzontali.

Il numero ed i pali da sottoporre a prova sarà definito dal progettista e/o concordato con la Direzione Lavori in base all'importanza dei carichi di progetto.

Nella esecuzione delle prove ci si atterrà alle prescrizioni già impartite per le prove di carico assiale, salvo quanto qui di seguito specificato.

Il contrasto sarà di norma ottenuto utilizzando un palo di caratteristiche geometriche analoghe, distante almeno 3 diametri.

Il martinetto sarà prolungato mediante una trave di opportuna rigidità.

Gli spostamenti saranno misurati su entrambi i pali. Si utilizzeranno per ciascun palo 2 coppie di comparatori centesimali fissati alla stessa quota; la prima coppia sarà disposta in posizione frontale rispetto alla direzione di carico; la seconda coppia sarà disposta in corrispondenza dell'asse trasversale alla direzione di carico.

Per la misura delle deformazioni durante la prova di carico, la Direzione Lavori indicherà i pali nei quali posizionare, prima del getto, dei tubi inclinometrici.

Si utilizzeranno tubi in alluminio a 4 scanalature, diametro d 81/76 mm, resi solidali alla gabbia di armatura a mezzo di opportune legature.

Le misure saranno effettuate con una sonda inclinometrica perfettamente efficiente, di tipo bi-assiale, previo rilevamento delle torsioni iniziali del tubo-guida.

Se richiesto dalla Direzione Lavori anche i pali sottoposti a prove di carico laterale potranno avere sezioni strumentate con estensimetri elettrici a varie profondità.

10.10.2.11 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.

10.10.2.12 Prove Di Carico Su Micropali

- 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.

- **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.

- Programma di carico

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alle finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede 3 cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

1° CICLO

a) Applicazione di "n" ($n \geq 4$) gradini di carico successivi, di entità pari a δP , fino a raggiungere il carico P_{ES} .

b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

- $t = 0$ (applicazione del carico)
- $t = 2'$
- $t = 4'$
- $t = 8'$
- $t = 15'$

si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore.

Il cedimento s è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ($\delta t = 15'$): $s \leq 0,025$ mm.

c) Per il livello corrispondente a P_{ES} il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 3 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a $t = 0, t = 5', t = 10', t = 15'$.

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a $t = 30', t = 45'$ e $t = 60'$.

2° CICLO

a) Applicazione rapida di un carico di entità $1/3 P_{ES}$

b) Lettura dei cedimenti a $t = 0, 1', 2', 4', 8', 15'$

c) Scarico rapido e letture a $t = 0$ e $5'$

d) Applicazione rapida di un carico di entità $2/3 P_{ES}$

e) Lettura dei cedimenti come in "b"

f) Scarico come in "c"

g) Applicazione rapida di un carico di entità pari a P_{ES}

h) Lettura dei cedimenti come in "b"

i) Scarico con letture a $t = 0, 5', 10', 15'$ e $30'$.

3° CICLO

a) Applicazione di "m" ($m \geq 9$) gradini di carico δP fino a raggiungere il carico P_{prova} (o P_{lim}).

b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al 1° ciclo, punto "b".

c) Il carico P_{prova} , quando è $< P_{lim}$, sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini con misure a $t = 0, t = 5'$ e $t = 10'$ e $t = 15'$. A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a $t = 60'$.

Si considererà raggiunto il carico limite P_{lim} , e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando misurando il cedimento s risulterà verificata una delle seguenti condizioni:

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

ove :

d = diametro del micropalo

s_{el} = cedimento elastico del micropalo.

- Risultati delle prove

Le misure dei cedimenti saranno registrate con le stesse modalità indicate per i pali di grande diametro.

11 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 al Committente 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.

Il Committente 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".

11.1 *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:

- $f_y \geq 350 \text{ N/mm}^2$;
- $f_u \geq 450 \text{ N/mm}^2$;
- Strizione 50%
- Altre caratteristiche secondo NTC.

11.1.1 *Resilienza dei componenti saldati*

Le tipologie di acciaio da impiegare nelle strutture saldate dovrà corrispondere al seguente schema (rif. norma UNI-EN-10025) tipologico:

- S275 JO/J2G1;
- S355 JO/J2G1/K2G1/K2G1.

Dove i primi 4 codici alfanumerici indicano la destinazione d'uso dell'acciaio (S=strutturale) e la resistenza caratteristica allo snervamento ($275/355 \text{ N/mm}^2$), calcolata per spessori fino a 16mm), mentre i rimanenti codici rappresentano la qualità degli acciai in relazione alla saldabilità e ai valori di resilienza secondo quanto riportato nelle NTC e nella UNI EN 10025.

La scelta della qualità degli acciai in relazione alla saldabilità e ai valori di resilienza è indicata nel progetto esecutivo o, laddove mancante, verrà determinata sulla base della temperatura

di minima impiego della opera $T_i = T_{min} - 5^\circ C$. La temperatura T_i andrà chiaramente indicata nelle relazioni del progetto d’officina.

La temperatura T_{min} è definita come temperatura minima invernale dell’aria nel sito della costruzione con riferimento ad un periodo di ritorno di 50 anni.

In mancanza di adeguate indagini statistiche basate su dati specifici relativi al sito in esame, T_{min} dovrà essere calcolata in base alle espressioni riportate nell’Appendice A del presente Capitolato.

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

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

	sp ≤ 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.

11.1.2 *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.

11.2 *Modalità Di Esecuzione*

Per l’esecuzione dell’opera l’Appaltatore si atterrà ai capitoli da 6 a 9 della norma UNI EN 1090-2.

11.2.1 *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 contrefrecce di officina;
- la relazione tecnica e di calcolo della struttura durante il montaggio;
- relazioni di calcolo dei manufatti provvisori necessari alla movimentazione e al sostegno dei componenti costruttivi;
- relazione di calcolo delle opere, qualora modificate rispetto al progetto esecutivo;
- quanto richiesto nei par. 9.3.1, 9.3.2 e 9.6.1 della UNI EN 1090-2.

La relazione tecnica e di calcolo della struttura durante il montaggio conterrà la descrizione del funzionamento statico della struttura nelle diverse fasi, riportando, per ogni fase quanto segue: calcoli statici; i parametri geometrici da controllare, riportando, per ognuno di essi, un range di valori entro il quale i dati rilevati siano da ritenersi coerenti con le previsioni progettuali. La suddetta relazione, dovrà inoltre contenere le procedure correttive da adottare qualora i risultati ottenuti non fossero coerenti con le previsioni progettuali. La suddetta relazione, dovrà infine contenere una procedura di posa in opera e controllo del

sistema apparecchi di appoggio, cunei di compenso e strutture metalliche, da condividere con il fornitore degli apparecchi di appoggio.

Per quanto concerne le specifiche di saldatura, è fatto obbligo all'Appaltatore di avvalersi, a sua cura e spese, della consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura o altro Ente terzo equivalente, il quale dovrà tenere in conto anche delle indicazioni contenute nel presente capitolato. Le specifiche di saldatura dovranno contenere almeno indicazioni e prescrizioni su:

- materiali.
- caratteristiche e dimensioni del materiale d'apporto.
- geometrie e le tolleranze ammesse.
- finiture e preparazioni superficiali.
- sostegni temporanei.
- assemblaggi temporanei
- protezione dalle intemperie.
- procedimento e sequenza di saldatura.
- posizione della saldatura.
- tecnica della saldatura.
- parametri elettrici.
- 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.

11.2.2 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.

11.2.3 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.

11.2.4 Prescrizioni integrative per i collegamenti bullonati

Vengono di seguito riportate le prescrizioni integrative alla norma UNI EN 1090-2.

11.2.4.1 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.

11.2.4.2 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.

11.2.4.3 Montaggio

Per il serraggio dei bulloni, si dovranno usare chiavi equipaggiate con un meccanismo limitatore della coppia applicata.

È ammesso il serraggio dei bulloni anche con chiave pneumatica purché questa venga controllata con chiave dinamometrica, la cui taratura eseguita con l'eventuale moltiplicatore dovrà risultare da certificato rilasciato da Laboratorio ufficiale.

L'utilizzo effettivo della chiave dinamometrica dovrà essere registrato in un apposito libretto; ne sarà consentito un uso massimo di 180 giorni dalla data di taratura.

Tutti i meccanismi di serraggio dovranno garantire una precisione non minore del $\pm 4\%$.

I bulloni di classe 10.9 dovranno essere montati in opera almeno con una rosetta posta sotto la testa della vite (smusso verso testa) e una rosetta posta sotto il dado (smusso verso il dado). I bulloni di classe 8.8 dovranno essere montati in opera almeno con una rosetta sotto il dado.

I giunti da serrare dovranno essere montati nella posizione definitiva mediante un numero opportuno di "spine" in grado di irrigidire convenientemente il giunto e consentire la perfetta corrispondenza dei fori. L'uso delle spine d'acciaio è ammesso, in corso di montaggio, esclusivamente per richiamare i pezzi nella giusta posizione.

Si procederà quindi a serrare i bulloni di un estremo dell'elemento da collegare, con una coppia pari a circa il 60% di quella prescritta, il serraggio dovrà iniziare dal centro del giunto procedendo gradualmente verso l'esterno.

11.2.5 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.

11.2.5.1 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.

11.2.5.2 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.

11.2.5.3 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.

11.2.5.4 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.

11.2.5.5 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.

- 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.

- 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.

- Giunti testa a testa di lamiera non previsti a disegno

I giunti testa a testa di lamiera non previsti a disegno verranno controllati al 100% con esame visivo, magnetoscopico e ultrasonoro e verranno riportati sui disegni “as built”. Come criterio di accettabilità, tali giunti dovranno soddisfare i requisiti della norma UNI EN 25817 classe di qualità B.

11.2.5.6 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.

11.2.5.7 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.

11.2.5.8 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.

11.2.6 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.

11.2.7 *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.

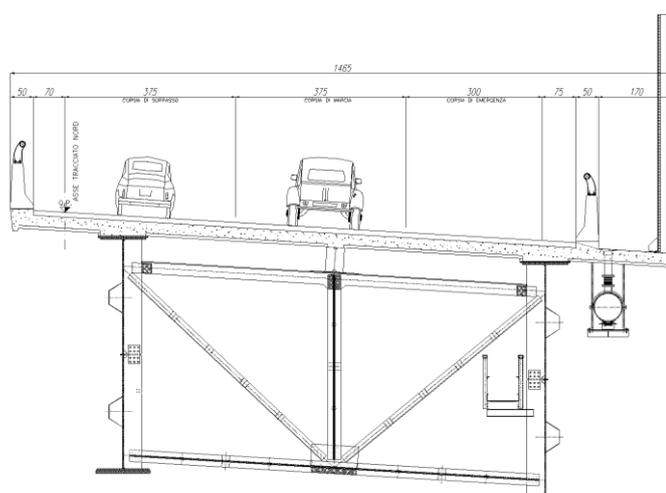
Come previsto dalla normativa vigente il Manuale di manutenzione deve prevedere anche la collocazione nell’intervento delle parti menzionate e la loro rappresentazione grafica.

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:

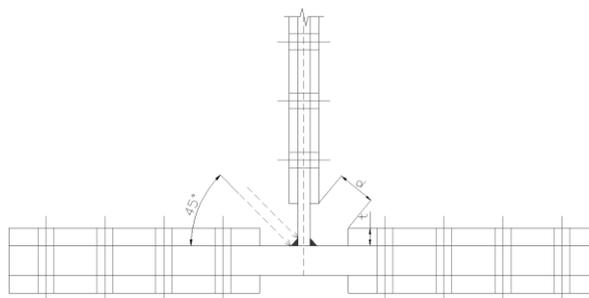
- le cui conseguenze della possibile crisi a fatica siano significative (ovvero travi principali, saldature trasversali delle piastre ortotrope) e per i quali si sia adottato un coefficiente di sicurezza compreso tra 1.35 e 1.15;
- le cui conseguenze della possibile crisi a fatica siano moderate (ovvero 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 $0.5 \times V_n$ (V_n è la vita nominale). I controlli saranno descritti nel Piano di Manutenzione dell’Opera e dovranno essere uguali a quelli effettuati durante la costruzione per i dettagli in parola.

Laddove previsti i percorsi di ispezione, questi saranno preferibilmente collocati in prossimità della corsia lenta/emergenza e costituiti da idonee passerelle collegate alla struttura principale, come rappresentato nella immagine seguente.



Per le zone di saldatura considerate critiche è necessario che il dettaglio stesso sia studiato in maniera tale da poter essere ispezionato. In particolare si riporta, a titolo esemplificativo, il dettaglio relativo alla giunzione bullonata tra le travi principali: i coprigiunti devono avere una geometria tale da permettere la visibilità della saldatura di composizione anima/piattabanda e permettere il relativo eventuale intervento di riparazione.



N.B.: al fine di poter ispezionare il cordone di saldatura la distanza “d” dovrà comunque essere almeno di 20 mm.

11.3 *NORMATIVA DI RIFERIMENTO*

- Norme Tecniche per le costruzioni
- UNI EN 1090-2

11.4 *MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE*

11.4.1 *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 derrick, ovvero avambecco e retrobecco, ovvero macchine per la spinta/trazione longitudinale dell'impalcato.

11.4.2 Criteri di misura

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

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

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

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

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

11.5 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 al Committente 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.

Il Committente 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.

11.5.1 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.

11.5.1.1 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.

11.5.2 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.

11.5.2.1 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 siano 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.

11.5.3 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.

11.5.3.1 Controlli documentali

Controlli previsti nei par. 11.1, 11.8.2 e 11.8.4 delle NTC e a quanto indicato nel presente capitolato.

11.5.3.2 Controlli sui prodotti e sui materiali

Si rimanda al capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p.

11.5.3.3 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.

11.5.3.4 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).

11.5.4 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.

11.5.5 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.

11.5.6 *Normativa di riferimento*

- Norme Tecniche per le costruzioni
- UNI EN 13369
- UNI EN 15050
- UNI EN 15258

11.5.7 *Misurazione e contabilizzazione*

Le travi di impalcato saranno computate a metro lineare e contabilizzate con gli articoli previsti dall'Elenco Prezzi.

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.

11.6 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 dispositivi) di cui al cap. 11.9 delle NTC.

Ai sensi della 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 al Committente il nominativo del fornitore degli appoggi e dei dispositivi, unitamente alla documentazione richiesta per essi NTC.

L'Appaltatore dovrà eseguire le opere nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nelle NTC, nel presente capitolato, nella norma UNI EN 1337 per gli appoggi, nella norma UNI EN 15129 per i dispositivi e nelle norme da queste richiamate.

Per gli appoggi e per i dispositivi antisismici di opere sovrappassanti linee ferroviarie si farà riferimento anche alla specifica RFI "Specifiche per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprighiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia".

Il Committente si riserva la facoltà di procedere alla verifica di quanto sopra riportato anche mediante ispezione di personale qualificato.

11.6.1 Caratteristiche

11.6.1.1 Temperature di esercizio

Gli appoggi e i dispositivi in parola dovranno essere progettati e costruiti per lavorare nel campo delle temperature comprese tra T_{min} e T_{max} .

Il valore T_{max} o T_{min} , definite rispettivamente come temperatura massima estiva e minima invernale dell'aria nel sito della costruzione, con riferimento ad un periodo di ritorno di 50 anni è riportato nell'Appendice A.

Il valore della temperatura di esercizio influenza particolarmente sul comportamento dei dispositivi antisismici contenenti fluidi viscosi.

Il valore di T_{min} e T_{max} dei dispositivi e degli appoggi forniti in cantiere sarà chiaramente indicato tra le caratteristiche prestazionali elencate nelle specifiche tecniche.

11.6.1.2 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.

11.6.1.3 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”.

11.6.1.4 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.

- Verifica delle zanche di collegamento ai baggioli in c.a.

Per limitare le pressioni di contatto sul calcestruzzo il diametro delle zanche deve essere determinato attraverso modellazioni agli elementi finiti considerando un vincolo superiore a cerniera. In assenza del suddetto calcolo rigoroso il diametro minimo “Dmin” delle zanche non deve, risultare inferiore a:

$$D_{min} = \text{radq}(3.5 \cdot V / 2.5 \cdot \text{radq}(R_{ck} \cdot f_{yk}))$$

dove:

- V = forza di taglio (SLU o SLC) agente sulla zanca;
- Rck= resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo;
- f_{yk}= tensione caratteristica di snervamento dell’acciaio della zanca

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

La forza orizzontale trasmessa dalla zanca al cls dovrà poi essere equilibrata da armatura metallica idoneamente disposta intorno ad essa.

11.6.1.5 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.

11.6.2 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".

11.6.3 Progetto costruttivo

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali e degli appoggi, all'esame ed all'approvazione della D.L. il progetto d'officina di appoggi e dispositivi, ovvero:

- a) elaborati costruttivi;
- b) una relazione recante evidenza delle modifiche tecniche eventualmente apportate rispetto al progetto esecutivo.

In particolare gli elaborati costruttivi saranno composti da:

- i disegni di officina;
- i disegni di installazione (per i quali si farà sempre riferimento al par. 4 della Uni EN 1337-11);
- le specifiche tecniche;
- il manuale contenente le specifiche tecniche per la posa in opera;
- la relazione di calcolo.

Nei suddetti documenti dovranno essere evidenziati:

- il calcolo delle escursioni e delle rotazioni previste per gli apparecchi nelle singole fasi di funzionamento; dovranno essere esposti separatamente i contributi dovuti alle variazioni termiche e alle deformazioni viscoso ed al ritiro del calcestruzzo;
- l'indicazione della tolleranza ammessa per l'orizzontalità ed il parallelismo dei piani di posa degli apparecchi;
- le modalità di collegamento alle strutture;
- le modalità e i materiali per la rettifica e correzione di eventuali non conformità riscontrabili in sito rispetto alle geometrie attese per il collegamento.

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

11.6.4 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.

11.6.5 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.

11.6.6 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.

11.6.7 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.

11.6.8 *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.

11.6.9 *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.

11.6.10 *Normativa di riferimento*

- Norme Tecniche per le costruzioni
- UNI EN 1337
- UNI EN 15129

11.6.11 *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

11.7 *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 al Committente 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".

Il Committente si riserva la facoltà di procedere alla verifica di quanto sopra riportato anche mediante ispezione di personale qualificato.

11.7.1 *Caratteristiche*

11.7.1.1 *Temperature di esercizio*

I dispositivi in parola dovranno essere progettati e costruiti per lavorare nel campo delle temperature comprese tra T_{min} e T_{max}.

Il valore T_{max} o T_{min}, definite rispettivamente come temperatura massima estiva e minima invernale dell'aria nel sito della costruzione, con riferimento ad un periodo di ritorno di 50 anni è riportato nell'Appendice A.

Il valore di T_{min} e T_{max} dei dispositivi e degli appoggi forniti in cantiere sarà chiaramente indicato tra le caratteristiche prestazionali elencate nelle specifiche tecniche.

11.7.1.2 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.

11.7.1.3 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 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”.

11.7.1.4 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 dei giunti forniti in cantiere.

11.7.1.5 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.

11.7.1.6 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.

11.7.1.7 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.

11.7.1.8 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.

11.7.2 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.

11.7.2.1 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.

11.7.3 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.

11.7.3.1 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.

11.7.3.2 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.

11.7.4 *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.

11.7.5 *Normativa di riferimento*

- Norme Tecniche per le costruzioni
- ETAG 032

11.7.6 *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.

11.8 Impermeabilizzazioni Della Soletta

11.8.1 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.

11.8.1.1 Caratteristiche dei materiali

- 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

11.8.1.2 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.

- 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.

- Miscela finale

La parte lapidea della miscela (sabbia + filler) dovrà avere una percentuale di vuoti (V) compresa tra 18 e 23%.

Il legante totale dovrà saturare tutti gli spazi vuoti, garantendo inoltre un'eccedenza compresa tra il 7% ed il 10% ($V_b - V = 7 - 10$ in cui V_b è la percentuale in volume del legante sulla miscela finale).

Il mastice completo, confezionato nel rispetto delle indicazioni sopra esposte, dovrà avere nelle prove di laboratorio un punto di rammollimento alla prova WILHELMI (Norma DIN 1966) compreso tra 100 e 115 C.

Alla stessa prova il mastice prelevato al confezionamento o alla stesa dovrà presentare valori tra 100 e 130 C.

L'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori, prima dell'inizio dei lavori, per la necessaria approvazione, la composizione prevista per il mastice e la curva granulometrica delle sabbie nonché campioni del rapporto finito e dei materiali componenti compresi i primer di attacco, in modo che su di essi possano essere effettuate preventivamente tutte le prove eventualmente richieste dalla Direzione lavori.

Nelle lavorazioni si dovranno riscontrare gli stessi materiali e le stesse composizioni di cui ai campioni di prova, con le sole variazioni prevedibili con l'uso di un adeguato processo di produzione su scala reale e comunque rientranti in tutti i limiti espressi in precedenza.

- Modalità di applicazione

La confezione del mastice di asfalto colato verrà eseguita con idonei impianti di mescolamento fissi o mobili, approvati dalla Direzione Lavori, di potenzialità adeguata all'entità del lavoro da eseguire.

Tassativamente, si prescrive che il dosaggio del legante, del filler e delle sabbie deve essere fatto a peso.

La scelta delle procedure di messa in opera sarà sottoposta alla preventiva autorizzazione della Direzione Lavori; in ogni caso, occorre che le apparecchiature di riscaldamento siano tali da evitare il contatto diretto di fiamme o gas caldi con i bitumi ed il filler, per non dar luogo ad eccessivi indurimenti o bruciature dei medesimi.

La miscela posta in opera dovrà essere costituita da uno strato continuo e uniforme su tutta la superficie, con spessore minimo di 10 mm e max di 14 mm, da verificare mediante prelievo di campioni.

Il manto finale dovrà avere una resistenza meccanica tale che, se sottoposta al transito temporaneo degli automezzi gommati di cantiere, non si verifichino schiacciamenti, fessurazioni o abrasioni sul manto.

Dopo la pulizia dell'estradosso di soletta seguirà la stesa di un idoneo primer costituito da idonee miscele bituminose spruzzate a caldo. Tali miscele dovranno avere elevato potere adesivo rispetto ai normali bitumi ed un ritardo dell'evaporazione del solvente, ciò al fine di avere una buona facilità di stesa del primer ed una sua elevata penetrazione nella soletta.

Le quantità da stendere saranno di norma di 0,5-0,7 Kg/m².

Sul primer verrà posto in opera, dopo evaporizzazione dell'acqua o del solvente, il mastice di asfalto, mediante colamento del materiale a temperatura di 200 C (± 10 C); la sua distribuzione ed il livellamento saranno eseguiti con frattazzi di legno.

Per stese di una certa estensione l'applicazione può essere eseguita a macchina con finitrici particolarmente studiate ed attrezzate, sottoposte a preventiva approvazione della Direzione Lavori.

La posa in opera del mastice non verrà effettuata quando, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, le condizioni meteorologiche siano tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 8 C.

Il mastice di asfalto deve essere steso, per quanto possibile, in uno strato regolare di spessore costante, in modo che tutte le irregolarità della soletta che si riproducono sulla cappa impermeabilizzante, siano portate a livello.

Sulla parete interna dei cordoli (per tutta l'altezza) dovrà essere estesa a caldo, previa mano di primer di ancoraggio, una porzione di ridotto spessore del mastice.

I bocchettoni in corrispondenza dei fori di scarico per i pluviali dovranno essere fissati a livello della soletta in calcestruzzo con stucchi epossidici ed il mastice di asfalto dovrà giungere fino al bordo del foro, coprendo così i risvolti del bocchettone stesso.

Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei calcestruzzi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la Direzione Lavori prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso.

Si dovrà avere cura che la temperatura dello strato bituminoso, a contatto del manto impermeabile, all'atto della stesa, non sia inferiore a 140 C.

- 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.

11.8.1.3 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.

11.8.1.4 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.

11.8.2 Manto di impermeabilizzazione continuo realizzato in opera con bitume modificato con elastomeri ed armato con tessuto non tessuto

Le superfici di conglomerato cementizio da impermeabilizzare dovranno essere stagionate e presentarsi sane e asciutte, esenti da oli, grassi e polvere, prive di residui di boiaccia (o di malta cementizia); prima dell'applicazione del mastice, si dovrà procedere pertanto ad una accurata pulizia dell'impalcato, mediante spazzolatura e successiva energica soffiatura con aria compressa. Le superfici da impermeabilizzare dovranno essere lisce, coerenti, esenti da

asperità o avvallamenti. Dovranno essere garantiti valori di planarità a $2\text{ m} \leq 10\text{ mm}$, a $0,2\text{ m} \leq 3\text{ mm}$ e di rugosità e dislivello $\leq 3\text{ mm}$.

11.8.2.1 Caratteristiche dei materiali

- Primer

Sarà del tipo indicato come “Bitumi modificati per mani d’attacco - soft” nel Capitolato dedicato alle Pavimentazioni stradali/autostradali

- Legante

Sarà del tipo indicato come “Bitumi modificati con aggiunta di polimeri” nel Capitolato dedicato alle Pavimentazioni stradali/autostradali

- 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

11.8.2.2 Modalità di applicazione

Si provvederà, al fine di garantire una perfetta adesione tra manto impermeabile e supporto in cls, alla stesa del primer applicato mediante spruzzo “airless”.

Sulla superficie così pretrattata verrà steso il primo strato di legante per uno spessore non inferiore a 2mm.

L’armatura sarà immediatamente disposta sopra il legante curando la perfetta adesione con il legante in ogni punto ponendo particolare attenzione alla adesione nelle zone di sormonto.

Verrà quindi il secondo strato di legante per uno spessore non inferiore a 2mm.

La posa in opera del primer o del legante non verrà effettuata quando, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, le condizioni meteorologiche siano tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 8 C.

Il legante deve essere steso, per quanto possibile, in uno strato regolare di spessore costante, in modo che tutte le irregolarità della soletta che si riproducono sulla cappa impermeabilizzante, siano portate a livello.

Sulla parete interna dei cordoli (per tutta l'altezza) dovrà essere esteso, previa mano di primer di ancoraggio, il primo strato di legante.

I bocchettoni in corrispondenza dei fori di scarico per i pluviali dovranno essere fissati a livello della soletta in calcestruzzo con stucchi epossidici ed il legante dovrà giungere fino al bordo del foro, coprendo così i risvolti del bocchettone stesso.

Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei calcestruzzi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la Direzione Lavori prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso.

L'impermeabilizzazione dovrà avere una resistenza meccanica tale che, se sottoposta al transito temporaneo degli automezzi gommati di cantiere, non si verifichino schiacciamenti, fessurazioni o abrasioni sul manto.

Si dovrà avere cura che la temperatura dello strato bituminoso, a contatto del manto impermeabile, all'atto della stesa, non sia inferiore a 140 C.

11.8.2.3 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.

- 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.

- 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.

11.8.3 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 $2\text{ m} \leq 10\text{ mm}$, a $0,2\text{ m} \leq 3\text{ mm}$ e di rugosità e dislivello $\leq 3\text{ mm}$.

La superficie da impermeabilizzare avrà minimo 2 settimane di stagionatura e si presenterà asciutto al tatto. In ogni caso, prima di procedere alla posa del manto impermeabile, l'Appaltatore sarà tenuto a verificare l'effettiva asciugatura del supporto mediante il seguente metodo:

- Posare a secco un pezzo di membrana bituminosa (dim. min. 50x50 cm) sul supporto per un'intera notte (in assenza di precipitazioni).
- Il mattino successivo verificare che la faccia inferiore della membrana bituminosa sia asciutta; in tal caso si potrà procedere con le opere di impermeabilizzazione. La presenza di umidità sulla faccia inferiore della membrana, a fronte di tale verifica, è sintomatica di una non totale asciugatura del supporto e comporta un'ulteriore attesa in vista di una nuova verifica.

11.8.3.1 Caratteristiche dei materiali

- 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

- Membrana impermeabile bituminosa per strutture carrabili, con doppia armatura in velo di vetro e TNT di poliestere

Membrana impermeabile, spessore 5 mm, ottenuta da impregnazione di un non-tessuto di poliestere e di un velo di vetro, per mezzo di una miscela di bitume specifico, di poliolefine atattiche termoplastiche nobili (TPO) e di un sistema di ignifugazione senza alogeni.

All'interno della membrana, le armature sono decentrate verso la metà superiore rispetto al piano mediano. Il velo di vetro è diviso dal non-tessuto di poliestere e la sua presenza è visibile sulla faccia superiore della membrana.

Il sistema di gestione della produzione e del controllo della membrana sarà certificato ISO 9001.

SCHEDA TECNICA CON CARATTERISTICHE MINIME DA GARANTIRE:

Spessore EN 1849-1	5 mm
Stabilità di forma a caldo EN 1110	≥ 140°C
Flessibilità alla produzione EN 1109	-20 °C
Resistenza a trazione longitudinale EN 12311-1	1200 N/5 cm
Resistenza a trazione trasversale EN 12311-1	1200 N/5 cm
Allungamento a rottura longitudinale EN 12311-1	50 %
Allungamento a rottura trasversale EN 12311-1	50 %
Stabilità dimensionale EN 1107-1	≤ 0,20 %
Resistenza alla lacerazione EN 12310-1	250 N
Resistenza all'urto EN 12691 (B)	≥ 2000 mm
Resistenza al punzonamento statico EN 12730 (A)	≥ 25 Kg
Reazione al fuoco EN 13501-1	Classe E

- Resina liquida impermeabilizzante per risvolti verticali sui cordoli

Resina impermeabilizzante bicomponente, pigmentata, a base di polimetilmetacrilato (PMMA) armata con tessuto non tessuto speciale da 110 g/m², flessibile alle basse temperature, permeabile al vapore, resistente agli agenti atmosferici (UV, IR, ecc.), elastica e resistente alle sollecitazioni meccaniche e all'usura.

Il prodotto garantisce una ottima aderenza su supporti di varia natura e sarà utilizzato per i risvolti verticali del sistema impermeabile.

Durante l'esecuzione la temperatura superficiale deve essere almeno di 3 °C superiore al punto di rugiada e sempre compresa fra -5°C e +40°C; la temperatura del supporto deve essere compresa fra -5°C e +50°C.

I dosaggi di miscelazione saranno indicati nella scheda del produttore in funzione della temperatura dell'aria.

SCHEDA TECNICA CON CARATTERISTICHE MINIME DA GARANTIRE:

Densità	1,30 – 1,35 g / cm ³
Viscosità	38 – 42 dPa * s
Resistenza al calore	250 C°

- **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.

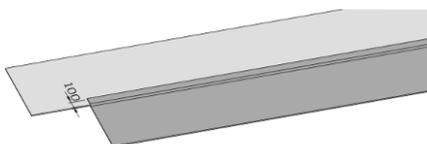
- **Disposizione dei teli**

Prima della posa i rotoli vanno svolti e allineati per predisporre le sovrapposizioni. Successivamente i fogli vanno riavvolti per procedere con la messa in opera a fiamma. Le sormonte di testa dei fogli impermeabili non dovranno essere disposte lungo un’unica linea, ma sempre alternate. I teli dovranno prevedere le sormonte a “favore d’acqua” o a “tegola”, cioè sovrapponendoli partendo sempre dagli scarichi o dagli impluvi.

- Sormonte laterali e di testa

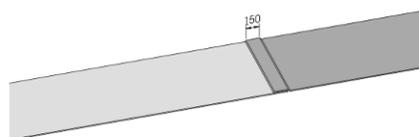
Laterali: sono le giunzioni che corrono nel senso della lunghezza dei fogli. Devono sempre essere saldati con bruciatore di sicurezza, su tutta la loro larghezza di 10 cm, ed essere pressati con un rullo di ± 15 kg che garantisca la continuità della saldatura. Una piccola quantità di bitume deve uscire 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.



- Applicazione

Prima di procedere alla posa del manto impermeabile si provvederà a stendere sul supporto un primer di impregnazione bituminoso in ragione di 150-200 gr/m², per mezzo di pistola airless o rullo. Le mancanze saranno riprese e gli accumuli in eccesso scartati. Il lavoro sarà interrotto in caso di pioggia. Tempo di asciugatura: dalle 3 alle 24 ore (per permettere l'evaporazione dei solventi contenuti nella vernice) in funzione delle condizioni climatiche e del supporto. La membrana sarà applicata solo dopo la completa essiccazione del primer.

Il collegamento della membrana al piano di posa è eseguito a fiamma; la sfiammatura della miscela dei rotoli, con fiamma di un bruciatore a gas propano, dovrà interessare

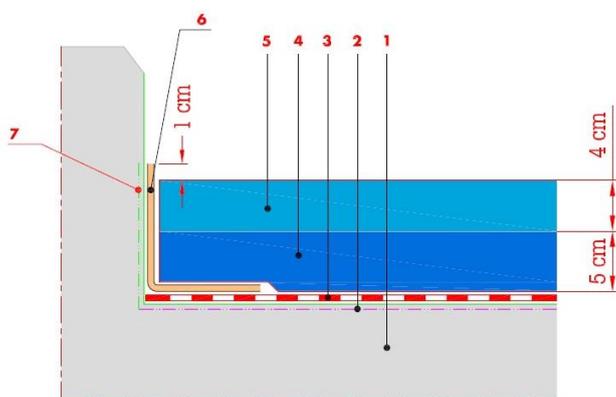
contemporaneamente sia la membrana che il supporto di posa, con prevalenza sul rotolo. Man mano che si procede con il riscaldamento, si annerisce la faccia talcata/sabbiata fino ad assumere un aspetto lucido, a questo punto la membrana sarà pronta per essere svolta e fatta aderire al supporto. In ogni caso dovranno essere rispettati i valori di resistenza ad estrazione di progetto, fra piano di posa e membrana.

La messa in opera dei teli impermeabili potrà anche essere di tipo meccanico, ovvero utilizzando un sistema di posa semi-automatico costituito da macchinari in grado di garantire i valori di resistenza ad estrazione di progetto. In ogni caso i dettagli di raccordo con i risvolti verticali dei cordoli dovranno essere realizzati manualmente.

- Risvolti verticali

I risvolti verticali del sistema impermeabile saranno realizzati con materiali a freddo di tipo liquido quali resine bi-componenti in polimetilmetacrilato (PMMA).

La posa della resina prevede l'applicazione preventiva di idoneo primer sulle superfici da trattare. Successivamente applicare una mano abbondante di prodotto sull'area da trattare, posare l'armatura in tessuto non tessuto sulla resina fresca assicurandosi che non rimangano bolle d'aria e che il tessuto sia completamente saturo, in seguito ricoprire il tessuto con una seconda mano di resina.



1. Supporto
2. Vernice di impregnazione bituminosa
3. Elemento di tenuta impermeabile ad elevata resistenza meccanica, spessore 5 mm, per applicazioni sotto pavimentazioni carrabili

4. Conglomerato bituminoso
5. Tappeto di usura
6. Impermeabilizzazione con resina bi-componente a base di PMMA, con interposta armatura in Tessuto Non Tessuto, spessore totale 3 mm
7. Vernice di impregnazione per risvolto verticale in resina PMMA, da apporre prima dell'applicazione dell'elemento 6

11.8.3.2 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.

- 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.

- 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 le 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.

11.8.4 *Normativa di riferimento*

Normative di prodotto elencate all'interno del capitolato.

11.8.5 *Misurazione e contabilizzazione*

Le impermeabilizzazioni di impalcati saranno computate per la loro superficie effettiva, che dovrà essere conforme alle previsioni di progetto.

11.9 Sistemi Di Raccolta Acqua Di Piattaforma

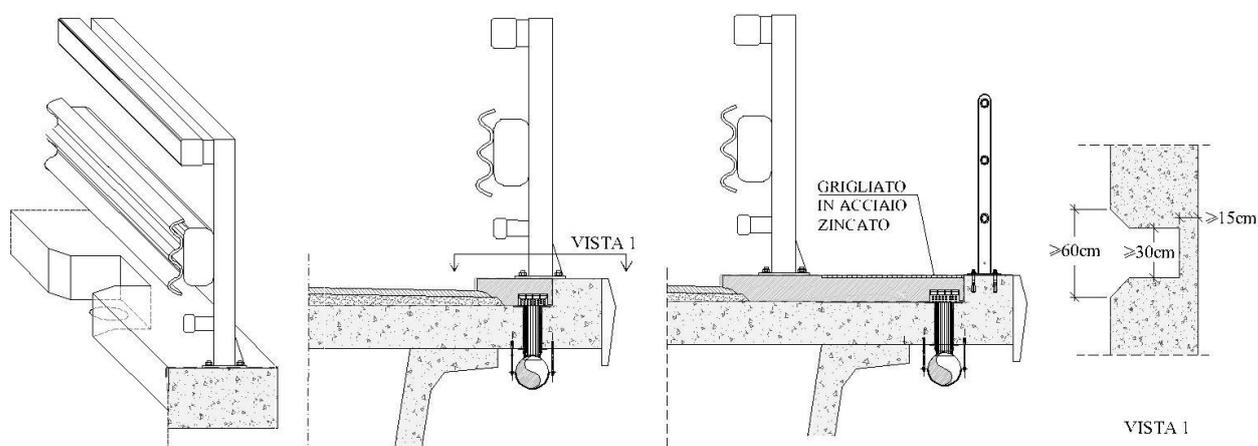
11.9.1 Caratteristiche

Il sistema di smaltimento delle acque consiste in una serie di caditoie (o pluviali), dove si definisce come caditoia l'insieme del bocchettone di collegamento all'opera, del tubo di allontanamento acque e della griglia di protezione.

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio potrà richiedere caditoie in integrazione al numero indicato in progetto.

Ogni bocchettone dovrà essere costituito da una parte tubolare eduttiva, saldata in pezzo unico ad una piastra direttamente poggiata in un incavo predisposto dell'estradosso della soletta, regolarmente stuccata con stucchi epossidici, al di sopra della quale è distesa la impermeabilizzazione e, successivamente, la pavimentazione stradale contenuta da griglie in acciaio zincato (si vedano alcuni dettagli tipologici nelle seguenti figure).

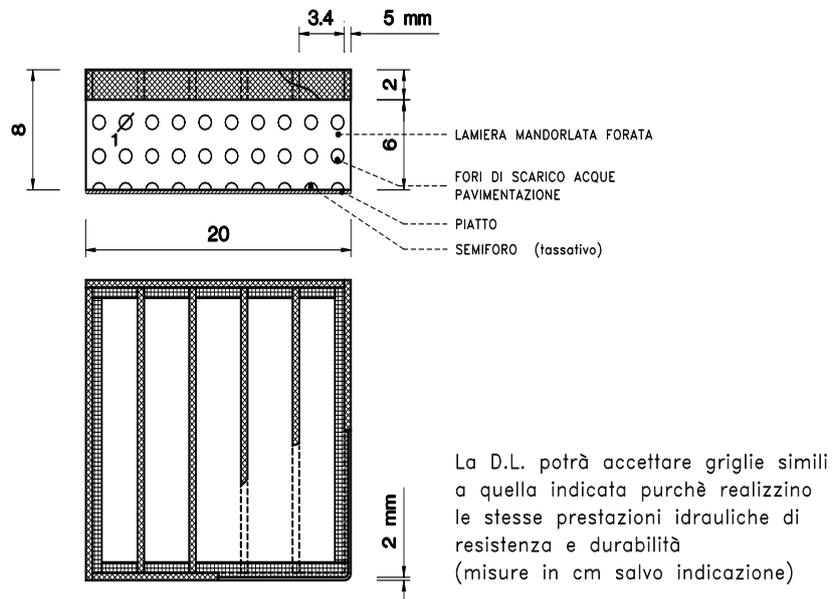
Le caditoie dovranno essere, salvo diversa indicazione prevista nel progetto esecutivo, posizionate fuori della piattaforma stradale, all'interno di riseghe appositamente praticate nel codolo o nel marciapiede di servizio (vedi figura successiva).



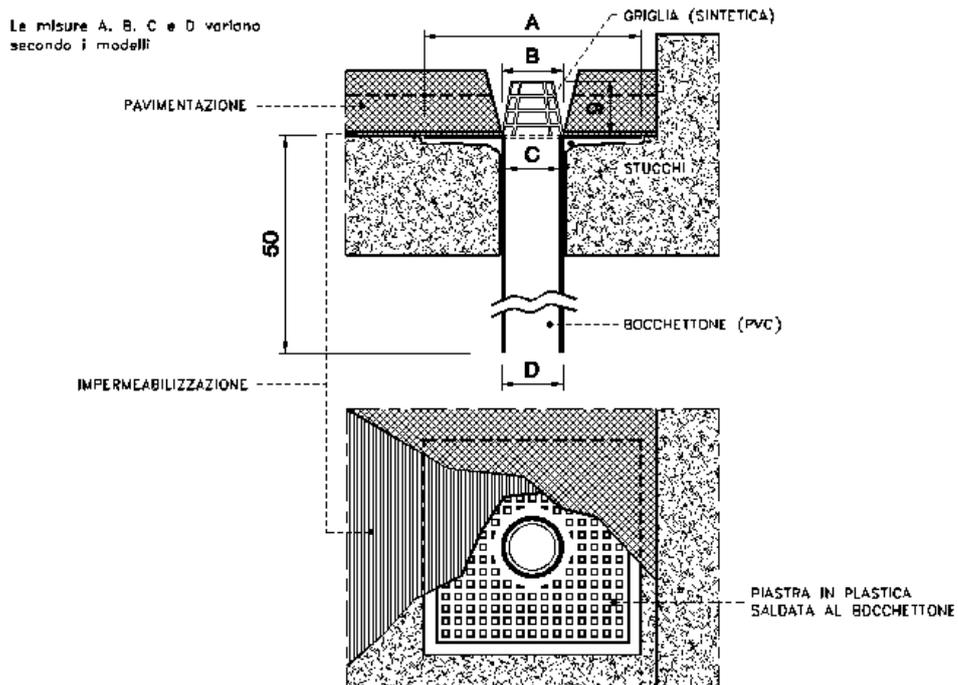
La sezione libera di deflusso dei bocchettoni dovrà essere dimensionata sulla base delle verifiche idrauliche e comunque mai inferiore a 78cm².

In corrispondenza dei giunti di sezioni contigue di impalcato o tra l'impalcato e la spalla mobile le tubazioni dovranno permettere, senza danneggiarsi, il movimento delle strutture per tutte le azioni permanenti e variabili e per il sisma SLO.

Le tubazioni non potranno essere alloggiare all'interno di cassoncini o in generale all'interno di strutture chiuse in cui sia impedito l'ingresso di personale addetto alle eventuali riparazioni delle stesse.

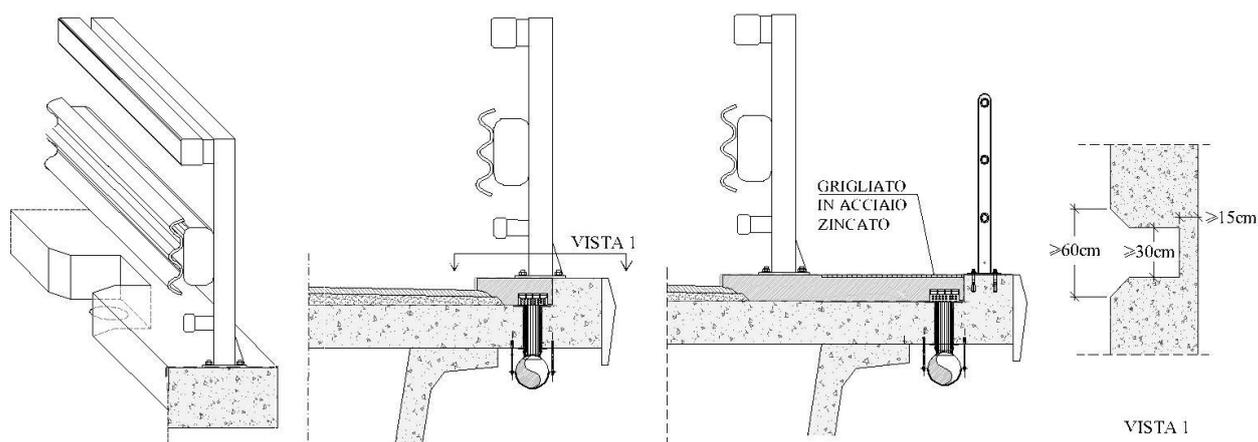


Griglia di scarico dei pluviali in acciaio zincato



Griglia di scarico dei pluviali in materiale sintetico

Le caditoie dovranno essere, salvo diversa indicazione prevista nel progetto esecutivo, posizionate fuori della piattaforma stradale, all’interno di riseghe appositamente praticate nel cordolo 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 78cm^2 (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 eduazione dovrà sporgere dall’intradosso della soletta di almeno 15 cm e ad esso dovrà essere infilato ed incollato un tubo verticale in PVC tipo 302 di almeno 3.0 mm di spessore (o di acciaio zincato, secondo le indicazioni progettuali), discendente in ogni caso almeno per 30 cm al di sotto del bordo del bulbo inferiore delle travi longitudinali, sempre facendo in modo che non si abbia stillicidio su eventuali strutture sottostanti (pulvini, pile, ecc.).

Nel caso di attraversamento di zone urbane, oltre che in tutti quei casi indicati nel progetto esecutivo, è prescritto che i tubi di cui sopra proseguano fino a terra attraverso una linea di collettamento orizzontale e discendenti ubicati sulle pile/spalle e siano eventualmente immessi in un sistema di trattamento acque.

Detti tubi saranno collegati all’opera con collari e zanche di acciaio inossidabile; il tubo non dovrà scorrere dentro al collare, ciò si otterrà con guarnizioni in neoprene o altri accorgimenti.

11.9.2 *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.

11.9.3 *Manutenzione*

Si dovrà prevedere l’ispezione periodica del sistema idraulico e la pulizia delle caditoie intasate, laddove individuate intasate.

11.9.4 *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.

11.10 Appendice A – Temperature Massime E Minime Per La Progettazione Dei Ponti

Le temperature di riferimento per la progettazione dei ponti e viadotti in Italia può essere ricavata con maggiore precisione rispetto ai dati forniti dall’Eurocodice.

A tale scopo, in mancanza di adeguate indagini statistiche basate su dati specifici relativi al sito in esame, si dovrà fare riferimento al lavoro: “Mappe delle temperature estreme dell’aria in Italia per la stima delle azioni termiche nei ponti secondo l’Eurocodice 1”; estratto dal Giornale del Genio Civile, fascicoli 4-5-6, aprile-maggio-giugno 1994; autori Maurizio Froli, Riccardo Barsotti, Angelo Libertà, Luigi Perini.

Di seguito viene riportata una sintesi di tale lavoro, finalizzata agli scopi del presente documento.

La temperatura dell’aria esterna, T_{ext} , può assumere il valore T_{max} o T_{min} , definite rispettivamente come temperatura massima estiva e minima invernale dell’aria nel sito della costruzione, con riferimento ad un periodo di ritorno di 50 anni.

In mancanza di adeguate indagini statistiche basate su dati specifici relativi al sito in esame, T_{max} o T_{min} saranno calcolate in base alle espressioni riportate nel seguito, per le varie zone indicate nella figura seguente. Tale zonazione non tiene conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, dovranno essere definiti singolarmente.



Nelle espressioni seguenti, T_{max} o T_{min} sono espressi in °C; l’altitudine di riferimento “ a_s ” (espressa in m) è la quota dell’impalcato sul livello del mare nel sito dove è realizzata l’opera.

Zona I

Valle d’Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Emilia Romagna:

- $T_{\min} = -15 - 4 \cdot a_s / 1000$
- $T_{\max} = 42 - 6 \cdot a_s / 1000$

Zona II

Liguria, Toscana, Umbria, Lazio, Sardegna, Campania, Basilicata:

- $T_{\min} = -8 - 6 \cdot a_s / 1000$
- $T_{\max} = 42 - 2 \cdot a_s / 1000$

Zona III

Marche, Abruzzo, Molise, Puglia:

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

Zona IV

Calabria, Sicilia:

- $T_{\min} = -2 - 9 \cdot a_s / 1000$
- $T_{\max} = 42 - 2 \cdot a_s / 1000$