# FERROVIE APPULO LUCANE S.r.l.

Corso Italia n.8 - 70123 BARI - P. IVA 05538100727


# RINNOVO DELLA TRATTA SAN NICOLA - AVIGLIANO LUCANIA DELLA LINEA F.A.L. BARI - ALTAMURA - POTENZA

## - PROGETTO DEFINITIVO -

| Em./Rev. | Data | Red./Dis. | Verificato | Approvato | Descrizione |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 1 | | | | | |
| 0 | | | | | |

C.U.P.

C.I.G.

Titolo della Tavola

## CAPITOLATO PRESTAZIONALE

TAVOLA

C.03

Scala

-

Progettazione:

Committente:

FERROVIE APPULO LUCANE S.R.L.

# INDICE


**1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 13**
**2. DEFINIZIONI E SIGLE 18**
**2.1. TERMINOLOGIA 18**
**2.2. SIGLE 18**
**3. PARTE I: DEFINIZIONE TECNICA DELL'APPALTO-ARMAMENTO 19**
**3.1. GENERALITA' 19**
**3.2. SOPRAELEVAZIONE DEI BINARI IN CURVA 19**
**4. REQUISITI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI E MODALITÀ ESECUTIVE DELLE OPERE 20**
**4.1. STANDARD DI TRACCIATO 20**
4.1.1. Andamento Planimetrico 20
4.1.2. Andamento Altimetrico 21
**4.2. TOPOGRAFIA E PICCHETTAZIONE 21**
4.2.1. Picchettazione 21
**4.3. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE 22**
4.3.1. Scartamento Del Binario 22
4.3.2. Collocazione Del Binario Rispetto Ai Picchetti 22
4.3.3. Scartamento 22
4.3.4. Livello Trasversale 22
4.3.5. Allineamento 22
4.3.6. Sghembo 22
**4.4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI 22**
4.4.1. Rotaie 50E5 22
4.4.2. Traverse In Calcestruzzo Armato Precompresso 23
4.4.3. Attacchi Elastici Tipo W 14 Per Binario Con Traverse Tipo ---180V 23
4.4.4. Pietrisco Per Massicciata 23
4.4.5. Scambi 24
4.4.6. Caratteristiche Dimensionali 25
4.4.7. Specifiche Tecniche Dei Componenti 25
4.4.8. Marcatura 25
**4.5. SALDATURE 26**
4.5.1. Saldatura Alluminotermica Delle Rotaie 26
4.5.2. Prescrizioni Da Rispettare Per L'esecuzione Delle Saldature 26
4.5.3. Saldature Eseguite Con Il Procedimento Elettrico A Scintillio 26
4.5.4. Regolazione Delle Tensioni Interne Delle L.R.S. 27
**5. ARMAMENTO SU BALLAST 28**
**5.1. DESCRIZIONE E MATERIALI 28**
**5.2. COSTRUZIONE 28**
**6. ONERI E CONDIZIONI PER LAVORI IN PRESENZA DELL'ESERCIZIO FERROVIARIO, PER LAVORI ALL'ARMAMENTO E PER LAVORI AGLI IMPIANTI ELETTRICI E TECNOLOGICI 29**
**6.1. ARTICOLO 1 29**
6.1.1. Redazione e presentazione del programma di lavoro 29
6.1.2. Lavorazioni interferenti con l'esercizio ferroviario 29
**6.2. ARTICOLO 2 30**
6.2.1. Constatazione di manufatti o cavi interrati nella sede ferroviaria 30

**6.3. ARTICOLO 3** **30**
6.3.1. Precauzioni e soggezioni particolari 30
**6.4. ARTICOLO 4** **31**
6.4.1. Cantieri 31
**6.5. ARTICOLO 5** **32**
6.5.1. Equipaggiamento per il personale addetto alla protezione 32
**6.6. ARTICOLO 6** **33**
6.6.1. Percorsi lungo la linea ferroviaria 33
**6.7. ARTICOLO 7** **33**
6.7.1. Lavori in presenza di condutture elettriche 33
**6.8. ARTICOLO 8** **34**
6.8.1. Lavori all'armamento 34
**6.9. ARTICOLO 9** **36**
6.9.1. Lavori agli impianti elettrici e tecnologici 36
**6.10. ARTICOLO 10** **37**
6.10.1. Disposizioni speciali nell'esecuzione degli interventi di modifiche provvisorie agli impianti ferroviari 37
**6.11. ARTICOLO 11** **38**
6.11.1. Mezzi 38
**6.12. ARTICOLO 12** **38**
6.12.1. Penalità 38
**6.13. ARTICOLO 13** **39**
6.13.1. Rifusione del danno 39
**6.14. ARTICOLO 14** **39**
6.14.1. Penalità per limitazione alla produzione industriale ferroviaria 39
**6.15. ARTICOLO 15** **39**
6.15.1. Concessione di interruzioni e rallentamenti 39
**6.16. ARTICOLO 16** **40**
6.16.1. Risoluzione del contratto 40
**6.17. ARTICOLO 17** **40**
6.17.1. Premi e penalità per il minore o maggiore utilizzo del numero delle interruzioni 40
**6.18. ARTICOLO 18** **41**
6.18.1. Riattivazione 41
**6.19. ARTICOLO 19** **41**
6.19.1. Obblighi ed oneri particolari dell'Appaltatore 41
**7. DISPOSIZIONI GENERALI PER L'ESECUZIONE E GESTIONE LAVORI DI MANUTENZIONE DELL'ARMAMENTO** **42**
**7.1. PARTE I** **42**
7.1.1. Disposizioni tecniche 42
**8. PARTE II: DEFINIZIONE TECNICA OPERE CIVILI** **75**
8.1.1. Qualità, provenienza e impiego dei materiali 75
8.1.1.1. Accettazione dei materiali 75
8.1.2. Conformità e Non Conformità al Capitolato Speciale 76
8.1.3. Impiego dei materiali 76
8.1.4. Provvista dei materiali 76
8.1.5. Difetti di costruzione 77
**8.2. DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ E MARCATURA CE** **77**
8.2.1. Marcatura CE – Materiali 77

8.2.2. Marcatura CE - Macchinari 77
**8.3. RESPONSABILITÀ 77**
**8.4. CONTRADDIZIONI, PRIORITÀ, CHIARIMENTI 78**
**8.5. DEFINIZIONI 78**
**8.6. LEGGI E NORMATIVE 79**
**9. RILIEVI E TRACCIAMENTI 80**
**9.1. GENERALITÀ 80**
**9.2. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI 80**
9.2.1. Vertici 80
9.2.2. Strumentazione 80
**9.3. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI 81**
**9.4. ESECUZIONE DELLE ATTIVITÀ TOPOGRAFICHE 81**
9.4.1. Premesse 81
9.4.2. Campo di applicazione 82
**9.5. ELENCO DELLE ATTIVITÀ 82**
9.5.1. Poligonali di precisione 82
9.5.1.1. Scelta dei vertici di partenza e controllo della conformità degli stessi 82
9.5.1.2. Posizionamento e materializzazione dei nuovi vertici 82
9.5.1.3. Azimut di direzione e orientamento iniziale 83
9.5.1.4. Scelta della strumentazione 83
9.5.1.5. Modalità di lettura strumentale e tolleranze 83
9.5.1.6. Registrazioni delle misure 83
9.5.1.7. Compensazione ed elaborazione dati 84
9.5.1.8. Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi 84
9.5.2. Poligonali secondarie 84
9.5.2.1. Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi 84
9.5.2.2. Posizionamento e materializzazione dei nuovi capisaldi 84
9.5.2.3. Azimut di direzione e orientamento iniziale 84
9.5.2.4. Scelta della strumentazione 85
9.5.2.5. Modalità di lettura strumentale e tolleranze 85
9.5.2.6. Registrazione delle misure 85
9.5.2.7. Compensazione ed elaborazione dati 86
9.5.2.8. Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi 86
9.5.3. Livellazioni di precisione 86
9.5.3.1. Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi 86
9.5.3.2. Posizionamento e materializzazione dei nuovi capisaldi 86
9.5.3.3. Scelta della strumentazione 87
9.5.3.4. Modalità di lettura strumentale e tolleranza 87
9.5.3.5. Registrazione delle misure 88
9.5.3.6. Compensazione ed elaborazione dati 88
9.5.3.7. Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi 88
9.5.4. Livellazioni tecniche 89
9.5.4.1. Scelta dei capisaldi di partenza e controllo conformità degli stessi 89
9.5.4.2. Posizionamento e materializzazione dei nuovi capisaldi 89
9.5.4.3. Scelta della strumentazione 89
9.5.4.4. Modalità di lettura strumentale e tolleranze 89
9.5.4.5. Registrazione delle misure 90

9.5.4.6. Compensazione di elaborazione dati 90
9.5.4.7. Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi 90
9.5.5. Rilievi planoaltimetrici 90
9.5.5.1. Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi 90
9.5.5.2. Orientamento iniziale 90
9.5.5.3. Scelta della strumentazione 91
9.5.5.4. Modalità di lettura strumentale e tolleranze, registrazione delle misure, elaborazione dati 91
*9.5.5.4.1. Rilievo celerimetrico* 91
*9.5.5.4.2. Rilievo per sezioni* 92
*9.5.5.4.3. Tolleranze ed elaborazione dati* 92
9.5.6. Tracciamenti planoaltimetrici 92
9.5.6.1. Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi 92
9.5.6.2. Orientamento iniziale 93
9.5.6.3. Scelta della strumentazione 93
9.5.6.4. Calcolo dei valori di tracciamento 93
9.5.6.5. Modalità di tracciamento e tolleranze 93
9.5.7. Elenco elaborati 94
9.5.7.1. Elaborati poligonali di precisione 94
9.5.7.2. Elaborati poligonali secondarie 94
9.5.7.3. Elaborati livellazioni di precisione 94
9.5.7.4. Elaborati livellazioni tecniche 94
9.5.7.5. Elaborati rilievi planoaltimetrici 95
9.5.7.6. Elaborati tracciati planoaltimetrici 95
**10. DEMOLIZIONI 96**
**10.1. CAMPO DI APPLICAZIONE 96**
10.1.1. Demolizione di murature, fabbricati e strutture 96
10.1.1.1. Mezzi da impiegare 96
10.1.1.2. Demolizioni su linee in esercizio 96
10.1.2. Demolizione di pavimentazione in conglomerato bituminoso 96
10.1.2.1. Demolizione di pavimentazione realizzato con frese 96
10.1.2.2. Demolizione dell'intera sovrastruttura realizzata con sistemi tradizionali 97
**10.2. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI 97**
**11. MOVIMENTI DI TERRA 100**
**11.1. DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI 100**
**11.2. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI 100**
11.2.1. Disserbamento e scoticamento 100
11.2.2. Scavi in genere 100
11.2.2.1. Scavi di sbancamento 102
11.2.2.2. Scavi di fondazione o sezione obbligata / ristretta 103
11.2.3. Rinterri 103
11.2.4. Rilevati 104
11.2.4.1. Rilevato ferroviario 105
11.2.4.2. Rilevato stradale 109
11.2.5. Trincee 110
11.2.5.1. Trincee ferroviarie 110
11.2.5.2. Trincee stradali 110
11.2.5.3. Trincea drenante disperdente 111

11.2.6. Strato “supercompattato” (Scudatura) 112
11.2.6.1. Strato “supercompattato” per rilevati e le trincee ferroviarie 112
11.2.6.2. Strato supercompattato per rilevati e le trincee stradali 113
11.2.7. Inerbimento 114
**11.3. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI 114**
**11.4. CONTROLLI 116**
11.4.1. Prescrizioni generali 116
11.4.2. controlli sugli scavi 117
11.4.2.1. Scavi a mano o a macchina 117
*11.4.2.1.1. Controllo della geometria* 117
*11.4.2.1.2. Controllo della densità secca* 118
*11.4.2.1.3. Controllo del modulo di deformazione* 118
11.4.2.2. Scavi con esplosivi 118
11.4.3. controlli sui rinterri 118
11.4.3.1. Controllo sui materiali 118
11.4.3.2. Controllo della densità secca 119
11.4.3.3. Controllo del modulo di deformazione 119
11.4.3.4. Controllo dello spessore degli strati 119
11.4.4. Controlli dei rilevati Ferroviari 119
11.4.4.1. Controlli sui materiali 119
11.4.4.2. Corpo del rilevato 120
11.4.4.3. Controlli sul contenuto d’acqua dei materiali 121
11.4.4.4. Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati 121
11.4.4.5. Controlli sulla densità secca 121
11.4.4.6. Controllo del modulo di deformazione 121
11.4.4.7. Controllo della geometria del rilevato 122
11.4.4.8. Controllo dell’inerbimento delle scarpate del rilevato 122
11.4.4.9. Monitoraggi 122
11.4.5. Controllo di rilevati a ridosso di opere d’arte 122
11.4.5.1. Controllo della densità secca 123
11.4.5.2. Controllo del modulo di deformazione 123
11.4.5.3. Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati 123
11.4.6. Controllo dei rilevati stradali 123
11.4.7. Controlli sulle trincee Ferroviaria 123
11.4.7.1. Controlli sui materiali 123
11.4.7.2. Controlli sulla densità secca 123
11.4.7.3. Controllo del modulo di deformazione 123
11.4.7.4. Monitoraggi 124
11.4.8. Controllo sulle trincee stradali 124
11.4.9. Controllo sullo strato supercompatto 124
11.4.9.1. Controlli sui materiali 124
11.4.9.2. Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati 124
11.4.9.3. Controlli sulla densità secca 124
11.4.9.4. Controllo del modulo di deformazione 125
**11.5. NORMATIVE RICHIAMATE NEL TESTO 125**
**12. OPERE DI CONGLOMERTATO CEMENTIZIO 126**
**12.1. SCOPO, CAMPO DI APPLICAZIONE, ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI 126**

12.1.1. Scopo 126
12.1.2. Campo di applicazione 126
12.1.3. Oneri per l'esecuzione delle prove 126
12.1.4. Preavvisi 127
**12.2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 127**
**12.3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI 127**
12.3.1. Cemento 127
12.3.2. Aggiunte: ceneri volanti e microsilice 128
12.3.2.1. Ceneri volanti 129
12.3.2.2. Microsilice (fumi di silice/silica fume) 131
12.3.3. Aggregati 132
12.3.4. Acqua d'impasto 134
12.3.5. Acciaio da cemento armato e da cemento armato precompresso 134
12.3.6. Additivi 137
12.3.6.1. Additivi fluidificanti e superfluidificanti 138
12.3.6.2. Additivi aeranti 138
12.3.6.3. Additivi ritardanti 138
12.3.6.4. Disarmanti 138
12.3.6.5. Antievaporanti 138
**12.4. CARATTERISTICHE DELLE MISCELE 138**
12.4.1. Classi di resistenza 138
12.4.2. Granulometria degli aggregati 139
12.4.3. Rapporto acqua/cemento 141
12.4.4. Lavorabilità 141
12.4.5. Acque essudata 144
12.4.6. Contenuto d'aria 144
12.4.7. Prescrizioni per la durabilità dei calcestruzzi 144
12.4.7.1. Classi di esposizione ambientale 144
12.4.7.2. Requisiti minimi delle miscele in funzione del loro campo di impiego 147
12.4.7.3. Copriferro 149
12.4.7.4. Calcestruzzi resistenti ai cicli gelo – disgelo 149
12.4.7.5. Calcestruzzi esposti ad attacco chimico 150
12.4.7.6. Attacco chimico da parte dei solfati 151
12.4.7.7. Reazioni alcali – aggregati 151
*12.4.7.7.1. Prove per la valutazione della reazione alcali – aggregati* 153
*12.4.7.7.2. Reazioni chimiche tra alcali ed aggregati (alcali – carbonati dolomitici)* 154
12.4.7.8. Dilavamento 154
12.4.7.9. Getti massivi 154
**12.5. CALCESTRUZZO GETTATO IN OPERA: PRODUZIONE, TRASPORTO E POSA IN OPERA 155**
12.5.1. Centrali di betonaggio ed impianti di cantiere 155
12.5.1.1. Cemento 157
12.5.1.2. Aggregati 157
12.5.1.3. Pesatura e miscelazione 157
12.5.2. Trasporto e scarico 159
12.5.3. Getto e maturazione del conglomerato cementizio 162
12.5.3.1. Programmazione dei getti 162
12.5.3.2. Operazioni di getto 162

12.5.3.3. Riprese di getto 168
12.5.3.4. Getti in clima freddo 169
12.5.3.5. Getti in clima caldo 170
12.5.4. Compattazione del calcestruzzo 171
12.5.5. Prevenzione delle fessure da ritiro plastico 172
12.5.6. Stagionatura e Durata della Stagionatura 174
12.5.6.1. Accelerazione dei tempi di stagionatura 179
12.5.6.2. Stagionatura di getti massivi 179
12.5.7. Disarmo 179
12.5.8. Caratteristiche estetiche 180
12.5.9. Ripristini e stuccature 180
12.5.10. Tolleranze costruttive 181
**12.6. PERFABBRICATI IN CALCESTRUZZO: QUALIFICA DEGLI IMPIANTI E CONFEZIONAMENTO 182**
12.6.1. Qualifica degli impianti di prefabbricazione 182
12.6.1.1. Documentazione del sistema organizzativo e di controllo 184
12.6.1.2. Verifica presso lo stabilimento o impianto di produzione 184
12.6.2. Controllo delle casseforme 184
12.6.3. Posizionamento delle armature 185
12.6.4. Stagionatura 185
12.6.5. Scassero 186
12.6.6. Identificazione e stoccaggio dei manufatti 186
12.6.7. Trasporto 187
12.6.8. Montaggio 187
12.6.9. Messa in tensione dei cavi di precompressione 188
12.6.10. Controlli dimensionali e strutturali dei manufatti 188
12.6.11. Controlli e documentazione 189
**12.7. CALCESTRUZZI SPECIALI 189**
12.7.1. Calcestruzzo Reodinamico SCC 189
12.7.2. Calcestruzzi leggeri 190
12.7.2.1. Calcestruzzo leggero strutturale 190
12.7.2.2. Calcestruzzo leggero non strutturale e cellulare 191
12.7.3. Calcestruzzo proiettato (CP) 192
12.7.3.1. Tipi di calcestruzzo proiettato 192
12.7.3.2. Composizione del calcestruzzo proiettato 193
12.7.3.3. Qualifica e controlli 194
12.7.4. Calcestruzzo fibrorinforzato per rivestimenti 195
12.7.5. Calcestruzzo ad alta resistenza 196
**12.8. CASSEFORME 196**
12.8.1. Caratteristiche delle casseforme 197
12.8.2. Pulizia e trattamento 197
12.8.3. Giunti e riprese di getto 198
12.8.4. Legature delle casseforme e distanziatori delle armature 198
12.8.5. Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, oneri vari 198
12.8.6. Disarmo 198
**12.9. MAGRONI 199**
12.9.1. Magroni 199

12.9.2. Malta di livellamento 199
12.9.3. Malte speciali per inghisaggi 199
12.9.4. Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione 200
12.9.4.1. Caratteristiche della miscela fluida 200
12.9.4.2. Resistenza meccanica 201
12.9.4.3. Modalità di preparazione e iniezione 201
**12.10. ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A. E C.A.P. 202**
12.10.1. Approvvigionamento dell'acciaio per cemento armato 202
12.10.2. Acciaio in barre ad aderenza migliorata qualificato – Fe B450C e B450A 204
12.10.3. Reti in barre di acciaio elettrosaldate 205
12.10.4. Zincatura a caldo degli acciai 205
12.10.5. Acciai inossidabili 205
12.10.6. Acciaio per c.a.p. 206
12.10.6.1. Fili, barre, trecce, trefoli 206
12.10.6.2. Caratteristiche dinamiche, fisiche e geometriche. 206
12.10.6.3. Cavo inguainato monotrefolo 207
12.10.6.4. Ancoraggi dell'armatura di precompressione 207
12.10.7. Controllo del peso e della sezione 207
12.10.8. Controllo di qualità e Accettazione in cantiere 208
12.10.9. Giunzioni e saldature 210
12.10.10. Realizzazione delle gabbie e posizionamento delle armature per c.a. 210
12.10.11. Posizionamento delle armature di precompressione 211
12.10.12. Tesatura 212
**12.11. PROVE DI CARICO 212**
**12.12. APPENDICE 1: CLASSIFICAZIONE DEI CEMENTI 216**
**12.13. APPENDICE 2: RIFERIMENTI NORMATIVI 219**
12.13.1. Leggi, D.M., Circolari sulle Opere in calcestruzzo 219
12.13.2. Prescrizioni e Metodologie di Prova delle materie prime impiegate nel confezionamento del Calcestruzzo 220
12.13.3. Metodologie di prova per malte Cementizie 224
12.13.4. Metodologie di prova per Malte Calcestruzzi 225
12.13.5. Durabilità delle Opere e Manufatti di Calcestruzzo 227
12.13.6. Strumenti Dosatori 227
12.13.7. Piani di campionamento e criteri di conformità 227
**13. OPERE DI DIFESA 228**
**13.1. RIVESTIMENTI DI SCARPATE CON GEOSTUOIE ANTIEROSIVA 228**
13.1.1. Generalità 228
13.1.2. Caratteristiche dei materiali 228
13.1.3. Modalità esecutive 229
13.1.4. Prove di accettazione e controllo 231
**13.2. FORMAZIONE DI DRENAGGI 231**
13.2.1. Generalità 231
13.2.2. Drenaggi in generale 231
13.2.2.1. Caratteristiche dei materiali 231
13.2.2.2. Modalità esecutive 232
13.2.2.3. Prove di accettazione e controllo 232
**13.3. GEOSINTETICI 232**

13.3.1. Generalità 232
13.3.2. Caratteristiche dei materiali 233
13.3.3. Modalità esecutive 234
13.3.4. Prove di accettazione e controllo 234
**13.4. CUNETTE E FOSSI DI GUARDIA 234**
13.4.1. Cunette 234
13.4.2. Fossi di guardia 235
**13.5. OPERE DI PROTEZIONE IN GABBIONI 235**
13.5.1. Generalità 235
13.5.2. Caratteristiche dei materiali 235
13.5.3. Modalità esecutive 236
13.5.4. Prove di accettazione e controllo 239
13.5.5. Riferimenti Normativi 241
**13.6. SPECIFICA DI CONTROLLO QUALITÀ 241**
13.6.1. Qualifica dei materiali 242
13.6.1.1. Calcestruzzi 242
13.6.1.2. Elementi in rete metallica e pietrame 242
13.6.2. Controlli di posa in opera 243
13.6.2.1. Lavori di scavo 243
13.6.2.2. Lavori in conglomerato cementizio 243
13.6.2.3. Posa in opera dei gabbioni e dei materassi 243
**14. IMPERMEABILIZZAZIONE IMPALCATI FERROVIARI 244**
**14.1. IMPERMEABILIZZAZIONE COSTITUITA DA GUAINE BITUMINOSE PREFABBRICATE. 244**
14.1.1. Caratteristiche della guaina inferiore da 3 mm 244
14.1.2. Caratteristiche della guaina superiore da 4 mm 245
14.1.3. Posa in opera del manto impermeabile sulla zona “sotto ballast” dell’impalcato 246
14.1.4. Posa in opera del manto impermeabile sulle zone dell’impalcato non al disotto del ballast 247
14.1.5. Prove su guaine impermeabili 247
14.1.5.1. Prove sulle guaine impermeabili 248
14.1.5.2. Prove tecnologiche di caratterizzazione su prodotti in fornitura 248
14.1.5.3. Prove funzionali sul prodotto applicato 248
**14.2. IMPERMEABILIZZAZIONE COSTITUITA DA MANTO IMPERMEABILE SINTETICO 249**
14.2.1. Caratteristiche dei materiali 249
14.2.1.1. Primer per membrana impermeabile 249
14.2.1.2. Membrana impermeabilizzante 250
14.2.2. Prove tecnologiche preventive 252
14.2.3. Prove funzionali preventive 253
14.2.3.1. Prova di scorrimento del ballast su membrana impermeabile. 253
14.2.3.2. Prova di compressione dell'intero pacchetto sottostante il binario 253
14.2.4. Prove in corso d’opera 253
**14.3. COPRIGIUNTI 254**
**15. IMPERMEABILIZZAZIONE DI MANUFATTI IN CLS 255**
**15.1. MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE REALIZZATO CON MEMBRANA ELASTICA CONTINUA IN MATERIALE SINTETICO EPOSSIPOLIURETANICO SPRUZZATA IN OPERA 256**
15.1.1. Primer di Adesione 256
15.1.2. Membrana Impermeabilizzante Sintetica Elastica Continua Spruzzata in Opera 256
15.1.3. Modalità di Applicazione 257

**15.2. GUAINE BITUMINOSE 257**
15.2.1. Prove di Accettazione 258
15.2.1.1. Prove Tecnologiche di caratterizzazione 258
15.2.1.2. Prove funzionali 258
**15.3. CAPPA DI MASTICE DI ASFALTO SINTETICO PER MANUFATTI IN C.A.P. 259**
15.3.1. Materiali 259
15.3.2. Modalità di Applicazione 260
15.3.3. Modalità di Preparazione del Mastice di Asfalto Sintetico 261
15.3.3.1. Procedura l: 261
15.3.3.2. Procedura 2: 261
**15.4. MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE CONTINUO REALIZZATO IN OPERA CON BITUME MODIFICATO CON ELASTOMERI ED ARMATO CON TESSUTO NON TESSUTO 262**
15.4.1. Materiali 262
15.4.2. Modalità Esecutive 262
**15.5. SPECIFICHE DI CONTROLLO 263**
**15.6. PROVE DI ACCETTAZIONE 263**
**15.7. CONTROLLI SULLA POSA IN OPERA 263**
**16. TECNICHE DI INTERVENTO PER IL RISANAMENTO DI VIADOTTI. 265**
**16.1. GENERALITA' 265**
**16.2. REQUISITI E METODI DI PROVA DEI MATERIALI 268**
**16.3. ACCETTAZIONE E SPECIFICHE PRESTAZIONALI DEI MATERIALI PER INTERVENTI DI RIPRISTINO. 269**
**16.4. PREPARAZIONE DEL SOTTOFONDO 270**
16.4.1.1. Scalpellatura a mano o meccanica e spazzolatura dei ferri d'armatura 270
16.4.1.2. Idrosabbiatura 271
16.4.1.3. Idrolavaggio della superficie 271
**16.5. PROTEZIONE DEI FERRI D'ARMATURA 271**
**16.6. POSIZIONAMENTO DI NUOVA ARMATURA 272**
**16.7. RIPRISTINO DEL CALCESTRUZZO CON MALTE TISSOTROPICHE 272**
**16.8. FRATTAZZATURA O STAGGIATURA 274**
**16.9. STAGIONATURA 274**
**16.10. PROTEZIONE E DECORAZIONE DELLE SUPERFICI IN CALCESTRUZZO 275**
**16.11. PROVE E CONTROLLI 277**
**17. OPERE VARIE 278**
**17.1. GENERALITA' 278**
17.1.1. Definizioni 278
17.1.2. Normative 278
**17.2. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI 278**
17.2.1. Reti di distribuzione idrica 278
17.2.1.1. Scavi 278
17.2.1.2. Particolari tipi di scavo 280
17.2.1.3. Movimentazione e stoccaggio dei materiali 280
17.2.1.4. Posa in opera delle reti interrate 281
17.2.1.4.1. Posa in opera cavi interrati 281
17.2.1.4.2. Posa in opera tubazioni interrate 282
17.2.1.4.3. Modifiche di reti esistenti 282
17.2.1.5. Riempimenti 283

17.2.2. Manufatti per tombini 284
17.2.3. Tubazioni per raccolta acque meteoriche 284
17.2.4. Recinzioni 285
**17.3. COLLAUDI 286**
**17.4. SPECIFICA DI CONTROLLO E COLLAUDO PER OPERE VARIE 286**
17.4.1. Campo di applicazione 286
17.4.2. Documenti di riferimento 286
17.4.3. Reti di distribuzione idrica 287
17.4.3.1. Materiali e manufatti 287
17.4.3.2. Scavi 287
17.4.3.3. Posa in opera reti interrate 288
17.4.3.3.1. Cavi interrati 288
17.4.3.3.2. Tubazioni interrate 288

# 1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le opere contemplate dal presente progetto devono essere conformi alla legislazione e alla normativa vigenti. In particolare devono essere rispettati i dettami di:

- direttive della UE, se direttamente applicabili,
- leggi, decreti e circolari dello Stato Italiano,
- istruzioni e norme di enti normatori (UNI, CEI, CEN, ISO, ecc.),

fermo restando il concetto generalmente applicabile dell'esecuzione "a perfetta regola d'arte".

Di seguito vengono elencate, a titolo non limitativo, leggi e norme esplicitamente richiamate nel prosieguo del presente capitolato. Il reperimento della normativa è a carico dell'Appaltatore.

- R.D. 16 novembre 1939, n. 2232 - Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione.
- D.M. 26 giugno 1984 - Classificazione di reazione al fuoco ed omologazione dei materiali ai fini della prevenzione incendi.
- D.M. 11 gennaio 1988 - Norme di prevenzione degli incendi nelle metropolitane.
- D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 "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.M. 9 gennaio 1996 - Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE».
- D.P.R. 25 gennaio 2000, n. 34 - Regolamento recente istituzione del sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 8 della legge 11 Febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni.
- Decreto-legge 6 giugno 2012, n. 73, recante "Disposizioni urgenti in materia di qualificazione delle imprese e di garanzia globale di esecuzione".
- UNI 3141:1991 - Rotaie per linee ferroviarie – Tipi, dimensioni e tolleranze.
- UNI 3550:1955 - Materiale d'armamento di binari ferroviari – Nomenclatura.
- UNI 3551:1978 - Materiale minuto d'armamento di binari ferroviari e tranviari – Piastre.
- UNI 3552:1966 + FA 41-68:1968 - Materiale minuto d'armamento di binari ferroviari – Piastroni.
- UNI 3557:1966 + FA 41-68:1968 - Materiale minuto d'armamento di binari ferroviari – Chiavarde d'ancoraggio.
- UNI 3560:1978 - Materiale minuto d'armamento di binari ferroviari e tranviari – Caviglie.
- UNI 4285:1959 - Prove sulle materie plastiche termoindurenti – Determinazione del ritiro lineare percentuale.
- UNI 4839:1973 - Misurazione della profondità di decarburazione negli acciai non legati, debolmente legati e legati.

- UNI 5572:1972 - Piastre di gomma sottorotaia, scanalate, per armamento di binari ferroviari e tranviari.
- UNI 6217:1968 + FA 41-68:1968 - Materiale minuto d'armamento di binari ferroviari – Rosette elastiche doppie ondulate per chiavarde di giunzione e di ancoraggio di rotaie.
- UNI 6328:1992 - Rotaie d'acciaio per linee ferroviarie – Qualità, prescrizioni e prove.
- UNI SPERIMENTALE 6385: 1968 - Materiale minuto d'armamento di binari ferroviari – Piani di campionamento e criteri di accettazione.
- UNI 7360:1974 + A1:1997 - Metropolitane – Distanze minime degli ostacoli fissi dal materiale rotabile e interbinario.
- UNI 7836:1978 - Metropolitane – Geometria del tracciato delle linee su rotaia – Andamento planimetrico e altimetrico e tolleranze di costruzione.
- UNI 7847:1979 + A208:1988 - Prodotti finiti laminati a caldo in barre e rotoli di acciaio non legato o legato speciale per tempra superficiale - Qualità, prescrizioni e prove.
- UNI 8750:1987 - Materiale d'armamento ferroviario – Traverse di conglomerato di cemento armato precompresso, con tasselli di polietilene – Dimensioni, prescrizioni e prove.
- UNI 10570:1997 - Prodotti per l'isolamento delle vibrazioni – Determinazione delle caratteristiche meccaniche di materassini e piastre.
- UNI EN 1401-1:1998 - Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione – Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) – Specificazioni per i tubi, i raccordi ed il sistema.
- UNI EN 10002-1:2004 - Materiali metallici – Prova di trazione – Metodo di prova (a temperatura ambiente).
- UNI EN 10025:1995 Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali – Condizioni tecniche di fornitura.
- UNI EN 10083-1:1998 Acciai da bonifica – Condizioni tecniche di fornitura degli acciai speciali.
- UNI EN 10204:1992 + A1:1997 - Prodotti metallici – Tipi di documenti di controllo.
- UNI EN 13230-2:2003 Applicazioni ferroviarie – Binario – Traverse e traversine in calcestruzzo – Traversine monoblocco precompresse.
- UNI EN 13230-4:2003 Applicazioni ferroviarie – Binario – Traverse e traversine in calcestruzzo – Traverse precompresse per scambi e incroci.
- UNI EN 13906-1:2003 Molle ad elica cilindrica fabbricate con filo a sezione circolare e barra – Calcolo e progetto – Molle di compressione.
- UNI EN 20898-2:1994 Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento – Dadi con carichi di prova determinati.
- UNI EN ISO 62:2001 Materie plastiche – Determinazione dell'assorbimento d'acqua.
- UNI EN ISO 75:2004 Materie plastiche – Determinazione della temperatura di inflessione sotto carico.
- UNI EN ISO 178:2004 Materie plastiche – Determinazione delle proprietà a flessione.
- UNI EN ISO 179:2002 Materie plastiche – Determinazione della resistenza all'urto Charpy.

- UNI EN ISO 527:1997 Materie plastiche – Determinazione delle caratteristiche a trazione.
- UNI EN ISO 604:1998 Materie plastiche – Determinazione delle proprietà a compressione.
- UNI EN ISO 868:1999 Materie plastiche ed ebanite – Determinazione della durezza per penetrazione di un durometro (durezza Shore).
- UNI EN ISO 898-1: 2001 - Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio – Viti e viti prigioniere.
- UNI EN ISO 1675: 2001 - Materie plastiche – Resine liquide – Determinazione della massa volumica con il metodo del picnometro.
- UNI EN ISO 2039-1: 1998 - Materie plastiche – Determinazione della durezza – Metodo di penetrazione con sfera.
- UNI EN ISO 3146: 2002 - Materie plastiche – Determinazione del comportamento a fusione (temperatura di fusione o intervallo di fusione) di polimeri semicristallini per mezzo di un tubo capillare e di metodi con il microscopio polarizzatore.
- UNI EN ISO 4042: 2003 - Elementi di collegamento – Rivestimenti elettrolitici.
- UNI EN ISO 6507-1: 1999 - Materiali metallici – Prova di durezza Vickers – Metodo di prova.
- UNI EN ISO 7040: 2000 - Dadi esagonali autofrenanti (con inserto non metallico), tipo 1 - Classi di resistenza 5, 8 e 10.
- UNI EN ISO 9000-9001-9004:2000 - Sistemi di gestione per la qualità.
- UNI EN ISO 14556: 2003 - Acciaio – Prova di resilienza su provetta Charpy con intaglio a V – Metodo di prova strumentato.
- UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2000 - Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura.
- UNI ISO 2081:1989 Rivestimenti metallici – Rivestimenti elettrolitici di zinco su ferro o acciaio.
- UNI ISO 2859-0:2001 Procedimenti di campionamento nel collaudo per attributi – Introduzione al sistema di campionamento per attributi della UNI ISO 2859.
- UNI ISO 2859-1:1993 Procedimenti di campionamento nel collaudo per attributi – Piani di campionamento indicizzati secondo il livello di qualità accettabile (LQA) per un collaudo lotto per lotto.
- UNI ISO 4520:1987 Rivestimenti di conversione a base di cromati su rivestimenti elettrolitici di zinco e cadmio.
- UNI ISO 9227:1993 Prove di corrosione in atmosfere artificiali – Prove in nebbia salina.
- CEI EN 50122-2:1999-10 - Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Parte 2: Protezione contro gli effetti delle correnti vaganti causate da sistemi di trazione a corrente continua.
- CEI EN 60243-1:1999-06 - Metodi per la misura della rigidità dielettrica dei materiali isolanti solidi – Parte 1: Prove a frequenze industriali.
- IEC 60093 Ed. 2.0 - Methods of test for volume resistivity and surface resistivity of solid electrical insulating materials.

- EN 10089 Hot rolled steels for quenched and tempered springs – Technical delivery conditions.
- ISO 34-1:2004 Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tear strength – Part 1: Trouser, angle and crescent test pieces.
- ISO 1183:2004 Plastics – Methods for determining the density and relative density of non-cellular plastics.
- NF F 16-101 Matériel roulant ferroviaire – Comportement au feu – Choix des matériaux.
- ASTM D570-98 Standard Test Method for Water Absorption of Plastics.
- ASTM D696-98 Standard Test Method for Coefficient of Linear Thermal Expansion of Plastics Between -30°C and 30°C with a Vitreous Silica Dilatometer.
- ASTM D1056-00 Standard Specification for Flexible Cellular Materials – Sponge or Expanded Rubber.
- ASTM D2393 Test Method for Viscosity of Epoxy Resins and Related Components.
- UIC 860-O Spécification technique pour la fourniture de rails.
- Istruzione FS/RFI I.1/6.0, ed. ott-88
- Istruzione "Scambi su traversoni in c.a.p." prot.n° S.SE/A.01/1309 del 03.10.88.
- Istruzione tecnica RFI -TCAR ST AR 07 001 A, ed. dic-01
- Norme tecniche per la saldatura in opera di rotaie eseguita con i procedimenti alluminotermico ed elettrico a scintillio.
- Circolare FS/RFI DI TCAR CI AR 07 001 A del 21/03/2000 - Abilitazione per l'esecuzione di saldature alluminotermiche di rotaie per il personale dipendente da imprese appaltatrici.
- Istruzione Tecnica RFI TC AR IT AR 07 003 A DEL 19/06/2006 – Istruzione sulla costituzione ed il controllo delle lunghe rotaie saldate (L.R.S.).
- Disposizione RFI N°27 del 28/06/2007 "Standard di Qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 Km/h .
- Lettera FS/RFI S.OC./S.02/001357 del 12/03/1990 - Taglio delle rotaie e foratura estremità rotaie da 144 m.
- Specifica FS/RFI II-D-4, ed. set-86 Condizioni tecniche per la fornitura di cuscinetti e guance per deviatoi ferroviari.
- Specifica FS/RFI II-D-4E, ed. gen-99 - Specifiche tecniche per la fornitura di cuscinetti elastici per deviatoi ferroviari armamento 60 UIC.
- Specifica FS/RFI II-D-5b, ed. apr-89 - Prescrizioni tecniche per la fabbricazione e il collaudo di aghi grezzi per armamento tipo 60 UNI composti da barra forgiata o stampata a caldo saldata alla rotaia.
- Specifica FS/RFI II-D-6, ed. set-94 - Specifiche tecniche per la fornitura di cuori monoblocco inacciaio fuso al manganese.
- Specifica FS/RFI II-D-7, ed. set-86- Specifiche tecniche per la fornitura di blocchi per armamenti ferroviari.
- Specifica FS/RFI II-D-8, ed. feb-81 - Specifiche tecniche per la fornitura di scambi del tipo 60 UNI con cuori di rotaie.
- Specifica FS/RFI II-D-9, ed. apr-82 - Specifiche tecniche per la fornitura di scambi del tipo 60 UNI con cuori monoblocco di acciaio fuso al Mn.

- Specifica FS/RFI II-D-14, ed. lug-78 - Specifiche tecniche per la fornitura di scambi del tipo 50 UNI con cuori di rotaie.
- Specifica FS/RFI II-M-4, ed. set-86 - Specifiche tecniche per la fornitura di piastre e piastroni per armamenti ferroviari.
- Specifica FS/RFI II-M-20, ed. set-86 - Specifiche tecniche per la fornitura di chiavarde di giunzione e di ancoraggio per armamenti ferroviari.
- Specifica FS/RFI II-S-15, ed. set-85 - Specifiche tecniche per la fornitura di sottopiastre di polietilene per traverse in c.a.p.
- Specifica FS/RFI II-S-16, ed. set-85 - Specifiche tecniche per la fornitura di piastre di gomma sottorotaia scanalate.
- Specifica FS/RFI II-T-15, ed. lug-85 - Condizioni tecniche per la fornitura di traverse in calcestruzzo armato, vibrato e precompresso.
- Foglio aggiunto alla specifica II-T-15I/IN.SC.AM, ed. ott-94 Foglio aggiunto alle condizioni tecniche II-T-15 ed. 7-85 per la fornitura di traverse in c.a.p. compresi gli organi di attacco.
- Specifica FS/RFI II-T-17, ed. dic-98 - Specifiche tecniche per la fornitura di traversoni e traverse speciali in c.a.p. per scambi.
- Specifica FS/RFI DI TC AR 06 002 B, ed. dic-99 - Specifiche tecniche di fornitura di piastre per controrotaie UIC 33 per deviatoi ferroviari armamento 60 UIC.
- Circolare FS S.OC/A.02/146 del 05/09/1990 - Prescrizioni tecniche per le forniture di pietrisco per massicciata ferroviaria ed altri materiali lapidei similari.

# 2. DEFINIZIONI E SIGLE

## 2.1. TERMINOLOGIA

"FAL S.r.l." è il Committente. Con il termine "Direzione Lavori" ("DL") si intende la Direzione Lavori di FAL.
Con il termine "Appaltatore" si intende l'Impresa aggiudicataria dei lavori, congiuntamente con i suoi eventuali subappaltatori o fornitori.
Nel presente capitolato viene impiegata la nomenclatura del materiale di armamento dei binari ferroviari definita dalla UNI 3550.

## 2.2. SIGLE

ASTM American Society for Testing Materials
CAD/CAM computer aided design / computer aided machining
CEI Comitato Elettrotecnico Italiano
CEN European Committee for Standardisation
CNC controllo numerico computerizzato
DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
DL Direzione Lavori
EN European Standard
FS Ferrovie italiane dello Stato
ICITE Istituto per l'Industria e la Tecnologia Edilizia
ISO International Organization for Standardization
L.R.S. lunga rotaia saldata
NF Norme Français
P.F. piano del ferro
RFI Rete Ferroviaria Italiana
SINAL Sistema Nazionale per l'Accreditamento di Laboratori
UE Unione europea
UIC Union Internationale des Chemins de fer
UL Underwriter Laboratories
UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione
VV.F. Vigili del Fuoco

# 3. PARTE I: DEFINIZIONE TECNICA DELL'APPALTO-ARMAMENTO

## 3.1. GENERALITA'

L'armamento sarà costituito da rotaie tipo 50E5 con attacco elastico W14, posto su traverse in c.a.p. ---180V con modulo 6/10.

## 3.2. SOPRAELEVAZIONE DEI BINARI IN CURVA

Il raggio minimo delle curve per cui non necessita allargamento dello scartamento è 650 m per cui lo scartamento di 0,95 m, sarà costante sia in rettifilo che in curva, secondo norma VEL n1.
Per la determinazione del sovralzo in curva è stata considerata, per la velocità massima ammessa, un'accelerazione non compensata di 0,8 m/sec².
Le caratteristiche delle curve sono riportate negli elaborati progettuali.
I raccordi di sopraelevazione saranno realizzati con pendenza costante, il valore massimo utilizzato sarà pari a: 0,30%. I raccordi tra le livellette saranno realizzati con archi di circonferenza maggiori o uguali a R=2000m.

# 4. REQUISITI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI E MODALITÀ ESECUTIVE DELLE OPERE

## 4.1. STANDARD DI TRACCIATO

### 4.1.1. Andamento Planimetrico

*Curve*

I raggi di curva si riferiscono all'asse dei binari.

Di norma, salvo ove diversamente previsto dagli elaborati di progetto, le curve sono dotate di raccordi di transizione. Tali raccordi devono essere raccordi parabolici.

*Sopraelevazione Dei Binari In Curva*

Salvo ove diversamente specificato, la sopraelevazione dei binari in curva deve essere impartita ruotando il binario attorno alla corda bassa.

*Rampe di sopraelevazione*

Di norma, se la curva è dotata di raccordi di transizione e salvo ove diversamente indicato, il raccordo di sopraelevazione deve essere effettuato lungo li raccordi stessi e deve avere variazione altimetrica lineare.

La pendenza di sopraelevazione deve essere conforme ai dati di progetto e comunque non maggiore del 3‰ (3 mm/m).

Se la curva non è dotata di raccordo di transizione, la rampa di sopraelevazione deve essere sviluppata nel tratto di rettilineo adiacente alla tangenza.

*Definizione Del Tracciato Planimetrico*

L'andamento planimetrico dei binari è definito attraverso le tabelle e le quote riportate nelle planimetrie di progetto.

I contenuti di queste tabelle sono i seguenti:

X,Y coordinate dei vertici, in m

θ angolo di direzione, in gradi centesimali

Ac angolo al centro, in gradi centesimali

R raggio definitivo (a seguito dell'inserimento della raccordo di transizione), in m

Rp sviluppo del raccordo (2), in m

T tangente/i a seguito dell'inserimento del raccordo, in m

tau angolo di uscita del raccordo di transizione (2)

Sv sviluppo circolare, in m

h sopraelevazione del binario, in m

V velocità di progetto, in km/h

xi, yi coordinate di inizio raccordo (2)

xf, yf coordinate di fine raccordo (2)

m scostamento dalla tangente del fine raccordo (2)

F freccia della curva circolare

(2) Se la curva non è dotata di raccordo di transizione, questo parametro non è indicato.

### 4.1.2. Andamento Altimetrico

L'andamento altimetrico dei binari è definito attraverso i seguenti dati riportati nel"Profilo altimetrico" e/o nelle planimetrie e nei profili di progetto, per ciascun cambio di livelletta:

- la progressiva (riferita al rispettivo binario) del vertice altimetrico;
- la quota del vertice;
- la quota del P.F. in corrispondenza del vertice;
- la pendenza delle due livellette, prima e dopo il vertice altimetrico;
- le progressive delle due tangenze altimetriche;
- la quota del P.F. in corrispondenza delle due tangenze altimetriche;
- la lunghezza delle tangenti;
- il raggio di raccordo;
- la distanza tra la quota del vertice e il piano del ferro;
- il dislivello e la lunghezza delle livellette.

## 4.2. TOPOGRAFIA E PICCHETTAZIONE

### 4.2.1. Picchettazione

La posizione teorica dei binari deve essere riferita ai picchetti disposti lungo la linea.
I picchetti devono essere collocati con passo come indicato in seguito.
Per quanto riguarda i binari su ballast verranno posizionati secondo specifiche RFI.
Oltre che al passo sopra indicato, i picchetti devono essere posizionati anche in corrispondenza delle tangenti delle curve.
Deve essre redatta la tabelle delle curve dove si interviene per la correzione con il metodo Hallade. E più in generale per tutte le curve interessate da interventi di correzione, come riportato negli elaborati grafici.

## 4.3. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE

### 4.3.1. Scartamento Del Binario

Lo scartamento è quello ordinario di 950 mm.
Nelle curve con raggio minore di 650 m devono essere applicati gli allargamenti dello scartamento previsti dalla VEL n1.
L'allargamento dello scartamento deve essere realizzato spostando verso il centro della curva la rotaia interna.

### 4.3.2. Collocazione Del Binario Rispetto Ai Picchetti

La distanza e il dislivello fra ciascun picchetto e la rotaia più vicina devono corrispondere ai valori teorici con scostamenti limite di ±5 mm.

### 4.3.3. Scartamento

Sullo scartamento, per il binario corrente, è ammessa la tolleranza di +5/-2 mm.
Per gli apparecchi del binario (scambi, intersezioni), la tolleranza ammessa è ±1 mm.
La variazione di scartamento fra un appoggio e quello successivo non deve essere maggiore di 1,5 mm.

### 4.3.4. Livello Trasversale

Sul livello trasversale, ovvero la differenza di quota fra le due rotaie misurata normalmente al binario, è ammessa la tolleranza di 3 mm.

### 4.3.5. Allineamento

Si definisce allineamento la posizione planimetrica del binario ed è individuato:
-in rettilineo dalle generatrici di guida di entrambe le rotaie,
-in curva dalla generatrice di guida della rotaia esterna.
Sull'allineamento è ammessa la tolleranza di 3 mm su corde di 10 m.

### 4.3.6. Sghembo

Su tratte con sopraelevazione nulla o uniforme, la tolleranza ammessa per lo sghembo è di ±1,5 mm su base 1 m.
Nei tratti di raccordo di sopraelevazione, lo sghembo deve avere il valore stabilito dal progetto con scostamenti limite di ±1 mm su base 1 m.

## 4.4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 4.4.1. Rotaie 50E5

*Profilo, caratteristiche dimensionali, lunghezza e tolleranze*

Le caratteristiche dimensionali e le tolleranze delle rotaie tipo UNI 3141 - 50 sono definite dalla stessa UNI 3141.

Le rotaie devono essere fornite in barre da 36 m o più lunghe.

*Materiale*

La qualità dell'acciaio deve essere Fe 880-2 UNI 6328, equivalente alla qualità 900A secondo la fiche UIC 860.

*Forature delle estremità*

Le rotaie devono essere fornite non forate.

*Marcatura*

Come da UNI 3141, punto 7.

*Processo di fabbricazione delle rotaie e condizioni di collaudo*

Come da UNI 6328.

### 4.4.2. Traverse In Calcestruzzo Armato Precompresso

Le traverse in calcestruzzo armato precompresso devono essere conformi alla Specifiche RFI e agli elaborati di riferimento.

Saranno utilizzate traverse speciali in calcestruzzo armato precompresso per la posa dei Giunti Isolanti Incollati e traverse passacavi così come meglio specificato negli elaborati di progetto.

Le traverse devono essere predisposte per gli attacchi elastici tipo W14 di cui ai paragrafi successivi.

In sede di approvazione materiali, l'Appaltatore deve sottoporre all'appaltatore il Piano di Fabbricazione e Controllo delle traverse, il quale deve comprendere fra l'altro:

- le fasi di produzione;
- i tipi e le modalità di controllo per ogni fase;
- la frequenza dei controlli;
- il/i responsabile/i dei controlli;
- i documenti emessi ad ogni controllo.

### 4.4.3. Attacchi Elastici Tipo W 14 Per Binario Con Traverse Tipo ---180V

Questo tipo di attacco elastico trova impiego per il binario su ballast 50 UNI sia per armamento su ballast e utilizza i seguenti componenti:

-piastre sottorotaia tipo Zwp 700/150

-i ramponi tipo Skl 14

-le caviglie Ss 25 e le rondelle Uls 7

-i piastrini di scartamento

I componenti degli attacchi elastici dovranno essere forniti con relativa dichiarazione di conformità e in regime di qualità.

### 4.4.4. Pietrisco Per Massicciata

Il pietrisco da impiegare per la formazione della massicciata deve essere conforme alla Specifica Tecnica RFI DINIC SF AR 04 001 A del ottobre 2003, 2^ categoria.

### 4.4.5. Scambi

*Condizioni tecniche di costruzione*

Per la costruzione degli scambi e intersezioni con armamento 50 UNI vanno rispettate le "condizioni tecniche per la fornitura di scambi del tipo 50 UNI con cuori fusi" ST ed. 1/4/ 1982 di RFI.

Le tolleranze da applicare sono definiti nella nota DI/DMA.IM.OC/009/721 del 04/11/02 di RFI.

Gli scambi saranno posati su traversoni in legno o in c.a.p. come meglio specificato negli elaborati di progetto.

*Forma e dimensioni*

La forma e le dimensioni dei singoli pezzi costituenti gli scambi e gli scambi medesimi dovranno corrispondere ai disegni dei particolari e di insieme del progetto.

*Rotaie*

Le rotaie utilizzate dovranno corrispondere a quanto richiesto nella specifica tecnica di fornitura di rotaie e barre per aghi di acciaio per linee ferroviarie RFI TCAR SP AR 02 001 A sett. '04.

*Caratteristiche Generali*

Gli scambi e le intersezioni dovranno essere conformi agli standard FS/RFI, dei tipi per posa su traverse in legno con attacco “K” o su traverse in c.a.p. con attacco elastico W14.

*Caratteristiche Principali*

scartamento 950 mm,
armamento 50 UNI,
qualità delle rotaie 900 A,
aghi a cerniera elastica in qualità 900 A,
cuori di rotaie assiemati con chiodi ad alta resistenza a bloccaggio irreversibile o a cuore fuso monoblocco per inserimento in L.R.S.

*Materiali*

- rotaie, aghi e controrotaie in qualità 900A
- cuscinetti:
  - se in acciaio stampato in Fe 510 B UNI 7746;
  - se in acciaio fuso in Fe G 520 UNI 3158;
  - se ottenuti di saldatura in Fe 360 B UNI 7070.
- blocchi:
  - se in acciaio stampato in Fe 410 B UNI 7746;
  - se in acciaio fuso in Fe G 520 UNI 3158;
  - se in ghisa fusa in G 20 UNI 5007.
- piastre e piastroni:
  - se in acciaio laminato in Fe 360 B UNI 7070;
  - se in acciaio stampato in Fe 360 C UNI 7746;
  - se in acciaio fuso in Fe G 520 UNI 3158;

    - se ottenute con saldatura in Fe 360 B UNI 7070.
- piastrine:
    - se in acciaio laminato in Fe 430 B UNI 7070;
    - se in acciaio stampato in Fe 410 B UNI 7070;
- rosette elastiche doppie in acciaio laminato ricotto bianco UNI 6217;
- chiavarde di giunzione e di ancoraggio;
    - vite in acciaio Fe 490 UNI 7070;
    - dado in acciaio Fe 430 B UNI 7070;
- traversoni in legno secondo specifica RFI TCARSFAR03005C.

### 4.4.6. Caratteristiche Dimensionali

- il piano di riferimento delle lavorazioni è definito come piano posto a 14 mm al di sotto del piano di rotolamento;
- le forature devono essere eseguite al trapano e smussati per un minimo di 1x45°;
- eseguite le lavorazioni sulla suola degli aghi, dei contaghi, della punta, della contropunta e di tutti gli altri laminati, gli spigoli devono essere smussati di 2x45°;
- gli spigoli vivi devono essere raccordati.

### 4.4.7. Specifiche Tecniche Dei Componenti

Per la fabbricazione, il controllo di qualità degli apparecchi di binario e dei relativi componenti occorre fare riferimento ai seguenti documenti, nell'edizione in vigore:

- Cuscinetti L.CM.13/II.D-4;
- Blocchi L.CM.13/II-D-7
- Piastre e piastroni L.CM.13/II-M-4
- Piastrine di stringimento e riempimento L.CM.13/II-M-5;
- Rosette elastiche doppie UNI 6217;
- Chiavarde L.CM.13/II-M-20;
- Piastre sottorotaie L.CM. 13/II-S-16;
- Ganasce L.CM. 13/II-M-3;

Devono, inoltre, essere considerate quali normative di riferimento tutte le disposizioni e precisazioni emesse da FS/RFI.
Per quanto applicabili ai materiali, costituenti l'apparecchio di binario, anche se non espressamente richiamate, si deve fare riferimento alle normative FICHE UIC e le tabelle UNI nell'edizione in vigore.

### 4.4.8. Marcatura

Tutti i componenti di un apparecchio di binario devono portare, ben visibile, l'anno di fabbricazione e la marca;
Le parti principali di ogni deviatoio quali telaio degli aghi, cuore, unità e controrotaia assemblate devono portare una targhetta identificativa con i seguenti elementi:

- Nome del fornitore,
- Matricola dello scambio,
- Tipo di armamento: 50 UNI,
- Raggio del ramo deviato,
- Tangente,
- Anno di costruzione.

## 4.5. SALDATURE

Saranno realizzate saldature elettriche a scintillio. Solo nel caso di montaggio di deviatoi e loro inserimento lungo linea e posa di giunti isolanti incollati saranno realizzate saldature alluminotermiche. Tutte le tipologie di saldature saranno eseguite rispettando le Istruzioni di seguito elencate.

### 4.5.1. Saldatura Alluminotermica Delle Rotaie

Le saldature alluminotermiche delle rotaie devono essere eseguite con il procedimento PRL in conformità con l'Istruzione tecnica RFI TCAR ST AR 07 001 A.

### 4.5.2. Prescrizioni Da Rispettare Per L'esecuzione Delle Saldature

*Materiali e attrezzature*

Valgono le prescrizioni del punto III.1.4 della Istruzione tecnica RFI TCAR ST AR 07 001 A.

*Limiti di temperatura per l'esecuzione di saldature alluminotermiche*

Valgono le prescrizioni del punto II.1 della Istruzione tecnica RFI TCAR ST AR 07 001 A.

*Limitazioni all'uso del cannello a fiamma ossi-propanica per il taglio delle rotaie*

Valgono le prescrizioni del punto II.2.1 della Istruzione tecnica RFI TCAR ST AR 07 001 A.

*Saldatura di rotaie con testate forate*

Valgono le prescrizioni del punto II.3 della Istruzione tecnica RFI TCAR ST AR 07 001 A.

*Esecuzione della saldatura*

Valgono le prescrizioni del punto III.1 della Istruzione tecnica RFI TCAR ST AR 07 001 A.

*Controlli*

Valgono le prescrizioni del punto II.4 della Istruzione tecnica RFI TCAR ST AR 07 001 A.

*Ripristino Delle Saldature Difettose – Oneri Vari*

Valgono le prescrizioni del punto II.5 della Istruzione tecnica RFI TCAR ST AR 07 001 A.

### 4.5.3. Saldature Eseguite Con Il Procedimento Elettrico A Scintillio

Valgono le prescrizioni della Parte IV della Istruzione tecnica RFI TCAR ST AR 07 001 A, con le integrazioni seguenti.

*Caratteristiche Della Macchina Saldatrice*

Se le saldature sono da farsi in galleria, devono essere adottati tutti i provvedimenti necessari (interventi sullo scarico della macchina saldatrice, ventilazione della galleria, dispositivi di protezione individuale, ecc.) per garantire la sicurezza e l'igiene del lavoro. Tali provvedimenti devono essere sottoposti per approvazione alla DL e al Responsabile della Sicurezza.

### 4.5.4. Regolazione Delle Tensioni Interne Delle L.R.S.

La regolazione delle tensioni interne delle lunghe rotaie saldate deve essere eseguita secondo le indicazioni della Istruzione Tecnica RFI TC AR IT AR 07 003 A del 19/09/2006.

# 5. ARMAMENTO SU BALLAST

## 5.1. DESCRIZIONE E MATERIALI

Per la costruzione del binario su ballast devono essere impiegate:

- Rotaie 50 UNI
- Traverse ---180V
- Attacco elastico tipo W14
- Pietrisco per massicciata

## 5.2. COSTRUZIONE

Devono essere soddisfatte le seguenti prescrizioni.
A) L'interasse fra le traverse deve essere rispettato con la tolleranza di ±5 cm.
B) Lo scartamento del binario deve rispettare le relative prescrizioni.
C) Per la giunzione provvisoria fra le rotaie devono essere utilizzati ganasce e morsetti di serraggio; questi ultimi in numero di almeno due per giunzione.
D) Le piastre sottorotaia devono essere collocate in posizione ben centrata.
E) La massicciata deve essere conformata secondo le sezioni rappresentate nel disegno di riferimento.
F) La rincalzatura deve essere realizzata con l'impiego di macchine rincalzatrici autolivellanti e autoallineanti di tipo pesante a vibrocompressione.
G) Dopo l'ultimo alzamento (e conseguenti livellamento, allineamento, rincalzatura e compattazione dinamica), il binario deve trovarsi nella posizione teorica con tolleranze in quota di +0 / -10 mm e in assetto planimetrico ±10 mm.
H)A seguito dell'ultimo alzamento (e conseguenti livellamento, allineamento, rincalzatura e compattazione dinamica), devono essere eseguite le saldature fra le rotaie, costituendo il cosiddetto "nastro continuo".
I ) La regolazione delle tensioni interne deve essere eseguita come da specifica di riferimento.
L) Dopo la costituzione della l.r.s., al binario deve essere impartita la sua geometria definitiva. A tal fine, ai lati delle testate delle traverse devono essere scaricate le necessarie quantità di pietrisco.

# 6. ONERI E CONDIZIONI PER LAVORI IN PRESENZA DELL'ESERCIZIO FERROVIARIO, PER LAVORI ALL'ARMAMENTO E PER LAVORI AGLI IMPIANTI ELETTRICI E TECNOLOGICI

**Tutte le clausole e obblighi presenti nella presente sezione del capitolato fanno parte integrante del contratto, e solo per i casi in cui ci sia sovrapposizione tra il presente capitolato e il contratto, in questo caso vale il contratto generale d'appalto.**

## 6.1. ARTICOLO 1

### 6.1.1. Redazione e presentazione del programma di lavoro

Il programma dei lavori, previsto all'art. 18 delle Condizioni generali di contratto dovrà essere presentato dall'Appaltatore con le modalità e nei tempi stabiliti dal contratto.
Tale programma dovrà essere predisposto dall'Appaltatore sulla base delle risultanze di un'attenta ricognizione preliminare, effettuata in contraddittorio con il Direttore dei lavori e con il rappresentante del Gestore dell'infrastruttura, dei tratti di linea o delle stazioni interessati dai lavori e tenendo conto degli ulteriori elementi fomiti dal Direttore dei lavori e dal rappresentante del Gestore dell'infrastruttura e delle notizie circa l'afflusso dei materiali occorrenti, la disponibilità di interruzioni e rallentamenti e altri vincoli e di eventuali disposizioni sulle priorità nell'esecuzione dei lavori. Di tutte le risultanze della predetta ricognizione preliminare sarà redatto apposito verbale.
In relazione alla natura e all'urgenza dei lavori, il contratto potrà prevedere apposite penali per il, ritardo nella presentazione di detto programma.

### 6.1.2. Lavorazioni interferenti con l'esercizio ferroviario

I lavori da eseguire in prossimità della linea ferroviaria in esercizio e che possono comportare pregiudizio alla regolarità ed alla sicurezza dei lavoratori e dell'esercizio stesso, devono essere eseguiti in regime di interruzione della circolazione ferroviaria, secondo le prescrizioni e modalità impartite dal Committente. Le interruzioni dell'esercizio ferroviario saranno concesse prevalentemente nel periodo notturno dalle ore 23:00 alle ore 05:00 dal lunedì al sabato, oppure di Domenica vista l'assenza del servizio ferroviario. Settimanalmente, con quindici giorni in anticipo, l'Appaltatore dovrà fare richiesta della programmazione delle interruzioni.
L'Appaltatore dovrà porre in atto, nei tratti interessati dai lavori, tutti gli accorgimenti esecutivi per mantenere la regolarità e per garantirne la sicurezza dei lavoratori e della circolazione ferroviaria.
Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà accertare con indagine diretta, d'intesa con gli Enti proprietari e/o gestori, la posizione dei sotto servizi interferenti con la linea o posti in vicinanza delle opere da eseguire; l'Appaltatore resta totalmente responsabile di danni causati a detti sotto servizi anche qualora la loro ubicazione non sia conforme a quanto indicato dagli elaborati del Committente.

Tutte le soggezioni e cautele imposte all'impiego di mezzi d'opera nelle aeree interessate dai sotto servizi, ivi comprese le opere provvisionali di protezione dei sotto servizi stessi, sono a carico dell'Appaltatore e sono compresi e compensati nell'importo contrattuale.
Tutti gli oneri derivanti dall'esecuzione dei lavori da eseguirsi in più fasi, anche di esigua entità, strettamente connesse con l'avanzamento delle attività delle opere civili, del corpo stradale, dell'armamento, dell'impianto di sicurezza, ecc, e dall'esecuzione dei lavori in intervalli, anche di ridotte ampiezze, collocati nel periodo notturno, sono compresi e compensati nell'importo contrattuale.
Per le interruzioni programmate ma non utilizzate per cause non attribuibili al Committente, alle cause di forza maggiori, alle condizioni climatologiche e ad altre circostanze speciali, all'Appaltatore sarà addebitato il costo sostenuto dal Committente per l'organizzazione della concessione dell'interruzione.

## 6.2. ARTICOLO 2

### 6.2.1. Constatazione di manufatti o cavi interrati nella sede ferroviaria

Qualora i lavori comportino scavi di qualsiasi genere, demolizioni, formazione di paratie o di pali, trivellazioni e opere similari, il Direttore dei lavori dovrà comunicare all'Appaltatore, prima dell'inizio dei lavori medesimi, la presenza di eventuali manufatti o cavi interrati nella sede ferroviaria che possono interferire con i lavori stessi.
L'Appaltatore dovrà quindi provvedere alla ricerca ed alla individuazione degli eventuali cavi elettrici, telefonici, di segnalamento e simili, nonché di condotte idriche e di fluidi o gas in genere, con modalità atte ad evitare il loro danneggiamento. Il mantenimento della continuità e della funzionalità di detti cavi e condotte, nel corso dei lavori, resta a carico dell'Appaltatore che non potrà vantare diritto ad alcun compenso per i relativi oneri, come pure quelli per la ricerca e la scopertura.
Saranno compensate soltanto le spese relative agli spostamenti a carattere definitivo che saranno eventualmente disposti con comunicazione scritta dal Direttore dei Lavori.

## 6.3. ARTICOLO 3

### 6.3.1. Precauzioni e soggezioni particolari

L'Appaltatore deve porre ogni cura ed attenzione ad adempiere a tutte le leggi, regolamenti disposizioni, istruzioni, a quanto previsto dal contratto ed alle conseguenti prescrizioni impartite dal Direttore dei lavori e, laddove previsto, dal Coordinatore per l'esecuzione dei lavori di cui al D.L. 14/8/1996 n° 494 integrato e modificato dal D.L.19/11/1999 n0 528, al fine di evitare che per fatto suo o dei suoi dipendenti vengano compromesse la sicurezza e la regolarità della circolazione dei treni, prestando, all'occorrenza con l'opera del proprio

personale, la collaborazione ed il supporto agli agenti ferroviari per mantenere la regolarità e per garantire la sicurezza dell'esercizio ferroviario su tutto il tratto di linea interessato dai lavori.
È vietato lasciare attrezzi lungo linea nelle ore di non operatività dei cantieri di lavoro. L'Appaltatore deve curare che i depositi temporanei dei materiali ed attrezzi lungo la linea ferroviaria utilizzabili durante la prestazione lavorativa giornaliera vengano tenuti a distanza non inferiore ad un metro e mezzo dalla più vicina rotaia in esercizio conformemente a quanto stabilito dalla "Istruzione per la protezione dei cantieri". Tale distanza deve essere convenientemente aumentata nei casi previsti dalla suddetta Istruzione e secondo le eventuali prescrizioni impartite dal Direttore dei lavori e/o dal Coordinatore per l'esecuzione dei lavori..

## 6.4. ARTICOLO 4

### 6.4.1. Cantieri

Per l'esecuzione delle opere per le quali è necessaria la costituzione di cantieri di lavoro che interferiscono con la circolazione dei treni, in quanto comportano occupazioni temporanee, con uomini e/o attrezzi, del binario o delle sue adiacenze a distanza dalla più vicina rotaia inferiore a quella prevista dalla Istruzione per la protezione dei cantieri o che, comunque, considerata la vicinanza con la sede ferroviaria, richiedano al transito di ciascun treno l'attuazione di provvedimenti cautelativi affinché nulla si opponga al transito del treno stesso e siano contemporaneamente garantite la sicurezza del traffico ferroviario e l'incolumità delle maestranze, dovrà essere messa in atto apposita protezione dei cantieri stessi con i criteri e le modalità stabilite dal DPR n° 469 del 1/6/1979.
"Regolamento di attuazione della legge 26/4/74, n°191 sulla prevenzione degli infortuni sul lavoro nei servizi e negli impianti gestiti dall'Azienda Autonoma delle Ferrovie del lo Stato" e successive modifiche ed aggiornamenti, dalle disposizioni ed istruzioni esistenti in materia, tra cui in particolare " l'Istruzione per la Protezione dei Cantieri " nonché da eventuali ulteriori prescrizioni di dettaglio previste dal contratto.
Le mansioni di carattere dispositivo di cui alla suddetta Istruzione per la protezione dei cantieri saranno svolte da agenti del Gestore dell'Infrastruttura, all'uopo incaricati, mediante disposizioni scritte.
Le mansioni esecutive di tale protezione devono essere assolte dal personale dipendente dall'Appaltatore, in possesso dei prescritti requisiti fisici e dell'apposita abilitazione rilasciata dal Gestore dell'infrastruttura a spese dell'Appaltatore. I nominativi degli addetti alla protezione cantieri, preventivamente accettati dal Direttore dei lavori, sentito il Gestore dell'infrastruttura, saranno resi noti all'Appaltatore con comunicazione scritta e, soltanto tra questi, l'Appaltatore, di volta in volta, dovrà scegliere il personale necessario, numericamente stabilito, per le esigenze, anche straordinarie, della protezione.
Il regime di protezione ed il numero complessivo di detti dipendenti che sarà ritenuto necessario per il servizio di protezione durante l'espletamento delle varie fasi dei lavori, sarà disposto dal suddetto incaricato del Gestore dell'infrastruttura che ne darà preventiva e tempestiva comunicazione all'Appaltatore nonché informazione al Direttore dei lavori,

ferma restando la piena responsabilità dell'Appaltatore in ordine alla scrupolosa osservanza delle norme vigenti circa la protezione stessa.
L'Appaltatore ha l'onere di dare evidenza alla Direzione Lavori (il Direttore dei Lavori o i suoi assistenti o, in regime D lgs. 81/08 e s. m. i., il Coordinatore per l'Esecuzione dei Lavori) che l'organizzazione della protezione dei cantieri di lavoro sia debitamente documentata e registrata e che siano state rispettate le modalità previste per le" comunicazioni d'obbligo per lavori relativi a impianti sotto tensione o di sicurezza e segnalamento.
In casi del tutto eccezionali, motivati da particolari circostanze e condizioni ambientali (quale l'uso di telefoni di servizio per l'attuazione della protezione), nonché per lavori di carattere particolare e di non rilevante entità per i quali sia prevista apposita clausola in contratto, il Gestore dell'infrastruttura, su richiesta dell'Appaltatore avanzata tramite il Direttore dei lavori, provvederà in parte o in tutto anche alle mansioni esecutive della protezione, a mezzo di propri agenti, le cui prestazioni verranno addebitate all'Appaltatore medesimo.
Nelle linee a doppio binario, quando la circolazione è interrotta su un solo binario,fermo restando l'obbligo dell'espletamento delle mansioni esecutive della protezione rispetto al binario attiguo in esercizio, l'Appaltatore è tenuto ad esercitare, con personale proprio, la necessaria sorveglianza perché sia tassativamente osservato il divieto di impegnare con personale, mezzi d'opera e attrezzi la sagoma dello stesso binario in esercizio con l'adozione di tutte le cautele del caso e in particolare di quelle richieste dal Direttore dei lavori e/o dal Coordinatore per l'esecuzione dei lavori laddove previsto.
La protezione dei cantieri potrà essere effettuata con "Sistemi Automatici" purché omologati dal Gestore dell'infrastruttura.
Anche in tale caso resta a carico dell'Appaltatore la fornitura del personale in sussidio e completamento del servizio di protezione del cantiere secondo le indicazioni di dettaglio che saranno impartita dal Direttore dei Lavori. Resta inteso che il personale di che trattasi sarà scelto tra quello idoneo a tale servizio.
Nel caso che l'uso di tali sistemi sia previsto in contratto l'Appaltatore dovrà dichiarare di essere a conoscenza del suo funzionamento, di impegnarsi al suo utilizzo e di averne tenuto conto nella formulazione dell'offerta.

## 6.5. ARTICOLO 5

### 6.5.1. Equipaggiamento per il personale addetto alla protezione

L'Appaltatore deve dotare, a sua cura e spese, il proprio personale addetto alla protezione dei cantieri dei prescritti dispositivi di protezione individuale ed in particolare di apposito indumento protettivo segnaletico visibile a distanza, del tipo adottato dal Gestore dell'infrastruttura, nonché dì mezzi di segnalazione acustica, di potenza sonora adeguata e tale da poter essere percepiti anche in condizioni atmosferiche sfavorevoli, la cui intensità sia tale da sovrastare i rumori del cantiere. Detti mezzi di segnalazione dovranno essere accettati dal Direttore dei lavori e/o dal Coordinatore per l'esecuzione, previa intesa con il responsabile delle mansioni dispositive.

## 6.6. ARTICOLO 6

### 6.6.1. Percorsi lungo la linea ferroviaria

1. L'Appaltatore dovrà rendere edotto il proprio personale, nei modi più idonei allo scopo, in relazione alle sue funzioni di Datore di lavoro, dandone formale evidenza alla Direzione Lavori o, in regime di D.Lgs.494/96, al Coordinatore per l'esecuzione dei lavori, delle istruzioni contenenti le norme di comportamento per l'eventuale effettuazione di percorsi lungo la linea ferroviaria ed in particolare del tassativo divieto, nel recarsi ai posti di lavoro e nel successivo rientro, di percorrere la sede ferroviaria quando, al di fuori della sede stessa, esistano, in prossimità, strade o viottoli ovvero sia possibile raggiungere il posto di lavoro o le immediate vicinanze mediante percorsi alternativi. Ove le condizioni di cui sopra non sussistano o non siano attuabili e si renda, quindi, inevitabile percorrere tratti di sede ferroviaria, l'Appaltatore dovrà portare a conoscenza del personale, dandone formale evidenza alla Direzione dei Lavori, l'assoluto divieto di impegnare il binario e l'obbligo tassativo di mantenersi, comunque, a distanze dalla più vicina rotaia non inferiori a quelle previste dalle leggi, regolamenti, disposizioni ed istruzioni e in particolare dalla Istruzione per la Protezione dei Cantieri.
2. L'Appaltatore è, in ogni caso, vincolato all'adozione di tutte quelle particolari cautele che di volta in volta si rendano necessarie al fine di garantire l'incolumità dei propri dipendenti e di evitare irregolarità all'esercizio ferroviario.

## 6.7. ARTICOLO 7

### 6.7.1. Lavori in presenza di condutture elettriche

Nell'esecuzione dei lavori, l'Appaltatore deve rispettare scrupolosamente le leggi, i regolamenti, le disposizioni e le istruzioni per l'esercizio delle linee elettriche, esistenti in materia, delle quali lo stesso dichiara di aver preso esatta e perfetta conoscenza. In particolare, qualora si debba operare con personale od attrezzature in prossimità di condutture elettriche o, comunque, di installazioni elettriche sotto tensione, si dovrà procedere preliminarmente alla disalimentazione, mediante tolta tensione, della conduttura di contatto sui binari o negli impianti ferroviari e si dovrà operare secondo le modalità stabilite dalla legge 191/74, dal DPR 469 del 1°/6/79, dalla Istruzione per la protezione dei cantieri, dalle norme attinenti l'esercizio della Trazione Elettrica (riportate nella raccolta ediz. 1971 e successivi aggiornamenti e integrazioni riportati nelle "Norme per l'esercizio degli impianti di Trazione Elettrica" ed. 1997) nonché dalle disposizioni particolari eventualmente previste dal contratto. Qualora per l'esecuzione di particolari interventi sia necessario procedere preventivamente alla tolta tensione di condutture elettriche di contatto degli impianti di trazione ferroviaria o di linee elettriche in genere e non siano previste in contratto le durate di lavorabilità (interruzioni programmate, intervalli liberi da treni), le durate stesse saranno stabilite dal Gestore dell'infrastruttura in rapporto alle esigenze di esecuzione dei lavori e dell'esercizio ferroviario. Nessun maggiore compenso spetta all'Appaltatore per i relativi connessi oneri. Le prestazioni degli agenti del Gestore

dell'infrastruttura preposti alla tolta tensione ed allo scambio dei relativi moduli non sono a carico dell'Appaltatore.

## 6.8. ARTICOLO 8

### 6.8.1. Lavori all'armamento

1. I lavori all'armamento dovranno essere eseguiti da personale dipendente dall'Appaltatore appositamente qualificato ed in possesso delle abilitazioni necessario, rilasciate dal Gestore dell'infrastruttura, su richiesta dell'Appaltatore. Questi altresì resta anche responsabile della verifica che, ove richiesto dal contratto, l'esecuzione dei lavori oggetto dell'appalto sia curata da personale in possesso delle idonee abilitazioni.
2. Dopo l'esecuzione dei lavori, l'Appaltatore è tenuto, qualora previsto dal contratto d'appalto, a fornire le registrazioni su supporto cartaceo dei parametri tecnici che rilevano la qualità del lavoro eseguito, secondo le indicazioni del Direttore dei Lavori, che potrà così verificare l'avvenuta corretta esecuzione degli stessi. Le registrazioni consegnate costituiranno parte integrante della documentazione relativa all'esecuzione del lavoro.
3. Dopo l'esecuzione dei lavori, l'Appaltatore verificherà l'idoneità del binario alla ripresa della circolazione redigendo, sotto la propria responsabilità, un'apposita dichiarazione controfirmata dalla direzione lavori. Tale dichiarazione sarà consegnata al personale del Gestore dell'infrastruttura.
4. Inoltre, in contratto potrà essere prevista la determinazione di un coefficiente di qualità riferito a rilevazioni di parametri geometrici del binario a mezzo di carrelli registratori in uso presso il Gestore dell'infrastruttura.
5. A tale coefficiente di qualità sono correlati i livelli di prezzi o corrispettivi delle categorie di lavoro previste nella Tariffa dei lavori all'armamento.
6. Entro venti giorni dalla scadenza di ogni periodo di sessanta giorni, considerando l'inizio del primo periodo dalla data di consegna dei lavori, sarà provveduto, a cura del Direttore dei Lavori, ed in contraddittorio con l'Appaltatore o suo rappresentante previamente notificato al Direttore dei Lavori medesimo, all'accertamento delle quantità dei lavori eseguiti nel detto periodo, e alle constatazioni della buona esecuzione dei lavori con rilievi a mezzo di apparecchi registratori del Gestore dell'infrastruttura o dell'Appaltatore purché preventivamente accettati.
7. Le spese per l'esecuzione delle verifiche a mezzo degli apparecchi registratori sopracitati saranno a carico dell'Appaltatore compresa la manodopera all'uopo occorrente.
8. Delle constatazioni eseguite si redigerà apposito verbale da corredarsi dei grafici dei rilievi eseguiti e sul quale si faranno risultare i difetti riscontrati ed i limiti di tempo che si prescrivono all'Appaltatore per eliminarli.
9. Trascorsi tali limiti di tempo il direttore dei lavori dovrà procedere alla constatazione dell'avvenuta eliminazione dei difetti dandone atto con postilla da apporsi in calce al verbale di cui sopra. Qualora l'Appaltatore invece non vi provveda, il Direttore dei lavori gli prescriverà un termine perentorio trascorso inutilmente il quale, senza ulteriore avviso, provvederà alla necessaria esecuzione di ufficio a spese dell'Appaltatore con relativo addebito sulle situazioni mensili di pagamento, comprendendovi la quota del 10% per spese generali di amministrazione.

10. L'eliminazione dei difetti, praticata come precedentemente detto, non esime l'Appaltatore stesso dall'obbligo di provvedere alla manutenzione del binario (o degli scambi) costruito e livellato, in ciascun periodo, al fine di conservarne la perfetta efficienza.
11. L'osservanza degli obblighi sopra descritti non annulla gli impegni che l'Appaltatore assume per l'eliminazione di tutte le deficienze che venissero riscontrate sul lavoro all'atto delle visite del direttore dei lavori.
12. Detta manutenzione dovrà essere prestata per giorni sessanta naturali consecutivi a decorrere dalla data di accertamento dell'eliminazione dei difetti e dopo che sia stato e seguito il secondo livellamento ove prescritto. Per il tratto di lavoro eseguito nell'ultimo periodo lavorativo la manutenzione sarà limitata a giorni trenta naturali consecutivi.
13. L'Appaltatore dovrà nei suddetti periodi di manutenzione, mantenere il binario (o gli scambi) in perfetto stato di regolarità di livello, sia trasversale che longitudinale.
14. Nel caso di mancata ottemperanza dell'obbligo di detta manutenzione, vi provvedere il Direttore dei Lavori a tutte maggiori spese dell'Appaltatore.
15. L'osservanza degli obblighi sopra descritti non annulla gli impegni che l'Appaltatore assume per l'eliminazione di tutte le deficienze che venissero riscontrate sul lavoro all'atto delle visite di collaudo.
16. Qualora venga ordinata per qualunque causa la sospensione dei lavori, rimane convenuto che il tratto di lavoro eseguito dall'ultimo periodo già scaduto fino alla data di sospensione, sarà considerato, ai soli fini della manutenzione, come periodo lavorativo completo ed a sé stante e pertanto la prescritta manutenzione relativa a quest'ultimo periodo ed a quello precedente dovrà essere prestata durante la sospensione dei lavori.
17. Le tolleranze di costruzione da verificare per lavori in esercizio saranno definite in contratto anche in relazione alla applicazione del coefficiente di qualità.
18. Ai fini del collaudo dei lavori in questione di cui all'art.48 delle Condizioni Generali di Contratto, nonché dell'art.27 delle Disposizioni Generali Tecniche Amministrative sarà provveduto come segue:
18.1. dopo visita dei lavori eseguiti nel primo periodo di 60 giorni di cui al presente articolo, subito dopo che sia stato ottemperato da parte dell'Appaltatore anche agli obblighi di manutenzione che gli fanno carico a norma del presente articolo;
18.2. dopo visita dei lavori eseguiti nei successivi periodi di 60 giorni e fino alla ultimazione, dopo che sia stato ottemperato da parte dell'Appaltatore anche agli obblighi di manutenzione che gli fanno carico a norma del presente articolo;
18.3. sulla scorta dei risultati delle sopra descritte visite e dopo aver controllato i documenti di contabilità, il collaudatore emetterà il certificato di collaudo dei lavori eseguiti nell'ambito dell'appalto e determinerà il saldo dovuto all'Appaltatore.
19. Nei verbali che verranno emessi a seguito delle visite di cui ai precedenti punti 18.1 e 2, saranno specificatamente indicati i difetti o le mancanze che siano state riscontrate riguardo alla esecuzione dei lavori che l'Appaltatore è tenuto ad eliminare nei termini perentori che gli saranno prescritti dal Direttore dei Lavori o dal Collaudatore.
20. In caso di inadempimento a detti termini il direttore dei lavori ne fa contestazione scritta all'Appaltatore e provvede d'ufficio ai lavori addebitandone le spese all'Appaltatore medesimo, come già precedentemente indicato.

21. Per l'accertamento della regolare esecuzione dei lavori, il collaudatore avrà la facoltà di eseguire ulteriori rilievi con i carrelli registratori di controllo del Gestore dell'infrastruttura o dell'Appaltatore purché preventivamente accettati.
22. Sono a carico dell'Appaltatore sia le spese per l'esecuzione e verifiche a mezzo degli apparecchi registratori citati, sia la manodopera che potrà essere richiesta dal collaudatore ed impegnata nelle prove e verifiche di collaudo.

## 6.9. ARTICOLO 9

### 6.9.1. Lavori agli impianti elettrici e tecnologici

1. Prima di dare inizio ai lavori su un impianto elettrico e tecnologico, l'Appaltatore è tenuto ad acquisire una conoscenza minuziosa e perfetta dell'impianto stesso e dei relativi schemi funzionali forniti dal Direttore dei Lavori. Nell'esecuzione dei lavori agli impianti elettrici e tecnologici, l'Appaltatore è obbligato allo scrupoloso rispetto delle relative leggi e regolamenti e delle disposizioni ed istruzioni per l'esercizio degli impianti emanati dal Gestore dell'infrastruttura, delle quali l'Appaltatore dichiara di aver preso esatta e precisa conoscenza. In particolare, qualora per l'esecuzione dei lavori su condutture o attrezzature elettriche il personale comunque dipendente dall'Appaltatore debba venire in contatto con dette condutture e attrezzature od anche solamente debba avvicinarsi ad esse ad una distanza inferiore a quella di sicurezza, i lavori dovranno essere eseguiti solamente dopo aver provveduto alla disalimentazione e messa a terra di tutte le linee ed apparecchiature interessate. In tale caso i lavori potranno essere iniziati solo dopo che l'Appaltatore o persona da lui designata abbia ottenuto dall'agente del Gestore dell'infrastruttura a ciò designato, tramite la Direzione Lavori; la dichiarazione scritta dell'avvenuta tolta tensione dalle attrezzature e dalle condutture e della loro messa a terra, con l'indicazione esatta della tratta o tratte sulle quali dovrà lavorare e dei limiti di tempo concessigli per l'esecuzione dei lavori. Alla messa a terra delle condutture e attrezzature provvederà agente designato dal Gestore dell'infrastruttura senza ulteriori addebiti all'Appaltatore.
2. L'Appaltatore dovrà sorvegliare che il personale da lui dipendente lavori solamente sulle attrezzature e condutture disalimentate e messe a terra e che si allontani tempestivamente dalle stesse prima che esse vengano rialimentate, portandosi a distanza di sicurezza. Prima della scadenza del tempo concessogli, l'Appaltatore o la persona da lui designata dovrà accertarsi che per quanto lo riguarda, in dipendenza dei lavori da lui eseguiti, nulla si oppone a ridare tensione e dopo fatta tale constatazione restituirà al predetto agente per il tramite di un rappresentante della Direzione Lavori la dichiarazione scritta da questo rilasciatagli per la tolta tensione, completandola con l'annotazione:
"nulla osta da parte dell'impresa ... per la rimessa in tensione delle linee ed attrezzature su indicate, avendo accertato per quanto di competenza che nulla si oppone a ridare tensione: ore... ...del giorno....." A partire dal momento di detta restituzione le condutture e le attrezzature elettriche dovranno considerarsi di nuovo regolarmente in tensione e l'agente designato potrà provvedere a rimuovere i dispositivi di messa a terra. Qualora, invece, il personale dell'Appaltatore dovesse lavorare in prossimità di attrezzature o condutture elettriche che debbano essere necessariamente mantenute in tensione, potrà farlo solamente rimanendo detto personale a distanza di sicurezza, tenuto anche conto dei mezzi d'opera che

l'Appaltatore impiegherà nell'esecuzione dei lavori. In aggiunta alle citate norme, si stabilisce che all'atto della tesatura o del recupero dei conduttori un estremo dei medesimi debba essere sicuramente collegato a terra.
3. Pertanto, l'Appaltatore rimane l'unico responsabile, a tutti gli effetti, di quanto possa accadere al suo personale, a quello del Gestore dell'infrastruttura e a terzi per inosservanza delle citate leggi, regolamenti, disposizioni ed istruzioni o per la errata valutazione del genere di lavoro da eseguire. Qualora l'Appaltatore giudicasse che il proprio personale non possa eseguire il lavoro mantenendosi a distanza di sicurezza dalle attrezzature o condutture elettriche in tensione, l'Appaltatore dovrà attenersi alle modalità sopra indicate circa la tolta tensione, richiedendo preventivamente l'adozione di tale provvedimento. Per quanto concerne l'agente designato dal Gestore dell'infrastruttura, le eventuali sostituzioni saranno comunicate all'Appaltatore o alla persona da questi designata.
4. Prima di iniziare i lavori sugli impianti di sicurezza e segnalamento in esercizio, l'Appaltatore o un suo incaricato dovrà ottenere nulla osta scritto dall'agente del Gestore dell'infrastruttura; tali lavori andranno rigorosamente limitati alle apparecchiature, dispositivi, meccanismi e linee cui l'autorizzazione si riferirà. Ultimato il lavoro, l'Appaltatore o l'incaricato consegnerà una dichiarazione, per il tramite della Direzione Lavori,
all'incaricato del Gestore dell'infrastruttura, attestante il nulla osta alla rialimentazione di linee ed apparecchiature.
5. Sono assimilati agli impianti di sicurezza e segnalamento gli impianti telefonici (in particolare cavi, cassette, armadi ripartitori), nei quali si trovino circuiti che interessino gli impianti di sicurezza e segnalamento.
6. Resta confermato che la responsabilità per ogni inadempienza ai propri obblighi comportamentali farà sempre carico all'Appaltatore.

## 6.10. ARTICOLO 10

### 6.10.1. Disposizioni speciali nell'esecuzione degli interventi di modifiche provvisorie agli impianti ferroviari

1. Le modifiche agli impianti saranno programmate in modo da garantire la continuità dell'esercizio ferroviario. Tali modifiche, che saranno realizzate sulla base del progetto allegato al contratto e delle successive integrazioni redatte dall'Appaltatore, verranno eseguite durante apposite fasi propedeutiche alla esecuzione delle opere civili interferenti, previa specifica comunicazione al Direttore dei Lavori , che darà apposita approvazione. In particolare, per quanto riguarda gli impianti tecnologici:
- i segnali verranno sistemati dove possibile nella posizione definitiva ed attrezzati sia per l'assetto definitivo che provvisorio;
- i Cd B e le casse di manovra, dovranno consentire la continuità dell'esercizio;
- il circuito di protezione di terra TÈ e il circuito di ritorno TÈ saranno realizzati, per quanto possibile, nell'assetto definitivo;
- le canalizzazioni ed i cavi saranno posati, per quanto possibile, nell'assetto definitivo.

2. Durante tutte le fasi di lavoro dovrà essere garantita la continuità e la sicurezza di esercizio degli impianti ferroviari, riutilizzando per quanto possibile le apparecchiature esistenti, ed eventualmente installandone altre che dovranno essere fomite dall'Appaltatore.

## 6.11. ARTICOLO 11

### 6.11.1. Mezzi

1. I mezzi circolanti su binario, nonché i mezzi strada - rotaia impiegati nei lavori, dovranno avere a bordo il libretto di circolazione (in originale) rilasciato dal Gestore dell'infrastruttura e risultare in regola rispetto a tutte le prescrizioni e norme vigenti ed essere, inoltre, muniti di targa di identificazione riportante il numero del libretto preceduto dalla sigla di individuazione del mezzo, come precisato nel libretto stesso.
2. La targa, con iscrizioni a caratteri neri di altezza non inferiore a cm 8 su fondo bianco o giallo, dovrà essere applicata su entrambe le fiancate del mezzo in posizione ben visibile. Il supporto della targa potrà, eventualmente, essere eliminato applicando l'iscrizione a vernice direttamente sulle fiancate. La residenza compartimentale sarà scritta con gli stessi colori, a caratteri di minore altezza.
3.1 mezzi non in regola con quanto sopra detto non potranno essere impiegati e, ove se ne riscontri la presenza in cantiere, saranno immediatamente allontanati.
4. Per l'utilizzazione di mezzi con caratteristiche di carrello non rimovibile, l'Appaltatore è tenuto all'osservanza delle norme fissate dal Gestore dell'infrastruttura per la circolazione dei mezzi del genere e delle ulteriori prescrizioni che fossero impartite dal Direttore Lavori o dal personale di scorta per regolarne la circolazione, la sosta in linea ed il ricovero nelle stazioni.
5. Le prestazioni del personale del Gestore dell'infrastruttura addetto alla scorta durante la circolazione in linea, la sosta ed il ricovero nelle stazioni di tali attrezzature, anche se la stessa avviene in periodi di interruzione del binario, saranno assicurate dal Gestore medesimo, per il tramite della Direzione lavori e saranno addebitate secondo le indicazioni contrattuali.

## 6.12. ARTICOLO 12

### 6.12.1. Penalità

Per l'inosservanza di una qualsiasi delle precauzioni o delle prescrizioni di cui al presente capitolato speciale, accertata dal Direttore dei Lavori e notificata all'Appaltatore mediante comunicazione scritta, così come per i ritardi nell'adempimento agli eventuali altri specifici obblighi indicati nel contratto, l'Appaltatore, salvo il diritto del Gestore dell'infrastruttura al risarcimento del danno ulteriore, deve corrispondere le penali stabilite nel contratto stesso.
Per qualsiasi inadempienza o altra causa imputabile all'Appaltatore che abbia provocato pregiudizio alla regolarità ad alla sicurezza dell'esercizio o avrebbe potuto provocare pregiudizio alla sicurezza dell'esercizio ferroviario, l'Appaltatore può essere chiamato a pagare sanzioni per i danni arrecati.

## 6.13. ARTICOLO 13

### 6.13.1. Rifusione del danno

Qualora nel corso dell'esecuzione dei lavori l'Appaltatore abbia a provocare un qualsiasi danno all'infrastruttura ferroviaria in genere, egli sarà tenuto, a proprie cure e spese, ad effettuare, con immediatezza e secondo le indicazioni che verranno all'occorrenza impartite dal Direttore dei lavori, ogni riparazione, sostituzione e ripristino dell'infrastruttura danneggiata.
Qualora l'Appaltatore non provveda a quanto sopra indicato è facoltà della Direzione Lavori procedere - anche avvalendosi di terzi - alle riparazioni, sostituzioni, ripristini e quant'altro necessario, addebitando all'Appaltatore le spese sostenute maggiorate del 10% (diecipercento) a titolo spese generali.
Al recupero di tali spese, si procederà - senza che l'Appaltatore possa al riguardo avanzare contestazioni o riserve - mediante addebito a valere sulla/e prima/e situazione/i utile/i di pagamento.

## 6.14. ARTICOLO 14

### 6.14.1. Penalità per limitazione alla produzione industriale ferroviaria

Per le soggezioni di esercizio comunque conseguenti al danneggiamento dell'infrastruttura - ivi comprese, a titolo esemplificativo e non esaustivo, il ritardo/soppressioni di treni, l'adozione da parte del Gestore dell'infrastruttura di differenti modalità di circolazione rispetto al regime ordinario previsto per la tratta -,all'Appaltatore sarà applicata, anche in assenza di interruzione accidentale o protrazione di interruzione programmata concessa, una penale di euro 250 (duecentocinquanta) per ciascun treno interessato dalla soggezione determinatasi, sino alla totale eliminazione della soggezione stessa e fino ad un importo massimo di euro 1.000 (mille).
In tali casi, inoltre, qualora all'atto della riattivazione della circolazione permanga una qualsiasi soggezione di esercizio, troveranno applicazione, per il periodo successivo alla riattivazione e sino alla totale eliminazione della soggezione medesima, penalità analoghe a quelle del precedente articolo 12.

## 6.15. ARTICOLO 15

### 6.15.1. Concessione di interruzioni e rallentamenti

1. Qualora per l'esecuzione dei lavori si renda necessaria la concessione di interruzioni o di rallentamenti alla circolazione dei treni nelle tratte interessate il contratto ne stabilirà modalità e termini di concessione ed i connessi effetti sui corrispettivi di appalto.
2. Inoltre per le interruzioni, per particolari esigenze dell'esercizio, potrà essere modificata la durata e la relativa allocazione da ore diurne ad ore notturne e viceversa, nonché la concessione in giorni festivi anziché lavorativi o viceversa.
3. In tali casi l'Appaltatore ha l'obbligo di eseguire ugualmente i lavori con le eventuali maggiorazioni o riduzioni di prezzi che fossero previsti in contratto per dette evenienze e con le seguenti precisazioni:
3.1. La durata delle interruzioni giornaliere potrà essere decurtata in misura non superiore alla percentuale definita in contratto.

3.2. Oltre tale limite l'interruzione potrà non essere utilizzata dall'Appaltatore e si intenderà non concessa.
3.3. Per ogni interruzione decurtata fino alla suddetta percentuale si procederà all'applicazione delle maggiorazioni dei corrispettivi previsti in contratto.
3.4. I maggiori oneri a carico dell'Appaltatore connessi ad ogni interruzione non concessa con preavviso inferiore a 24 ore o decurtata in misura superiore a quella stabilita in contratto saranno considerati corrispondenti agli oneri derivanti dalla sospensione dei lavori di una giornata. Tali oneri saranno pertanto compensati all'Appaltatore con le modalità di cui ai punti a), b) c) e d) dell'art.28 delle Condizioni Generali di Contratto, con l'avvertenza che per quanto concerne il punto b) la eventuale lesione dell'utile sarà riconosciuta con riferimento all'importo a tale scopo previsto in contratto.
3.5. Tutte le interruzioni comunque non concesse, comprese quelle con preavviso superiore alle 24 ore, dovranno essere riprogrammate dal Gestore dell'infrastruttura e daranno luogo ad un differimento del termine utile contrattuale in misura pari al numero dei giorni utili che saranno necessari a recuperare le interruzioni non con cesse.
4. In ogni caso, per lavori in esercizio, a cura del Direttore dei Lavori saranno registrati i periodi in cui il cantiere abbia dovuto sospendere i lavori a causa di eccezionali esigenze dell'esercizio ferroviario oppure per ritardata fornitura di materiali FS e comunque per cause non imputabili all'Appaltatore. Tali periodi saranno confermati dal Direttore dei Lavori con Ordine di Servizio, ai fini delle proroghe da concedere all'Appaltatore.
5. L'Appaltatore deve porre in atto ogni possibile misura ed accorgimento tecnico ed organizzativo per la migliore utilizzazione delle interruzioni e dei rallentamenti al fine di ridurre le soggezioni derivanti all'esercizio ferroviario dall'esecuzione dei lavori.
6. Il contratto disciplinerà le modalità di calcolo della durata delle interruzioni ed eventualmente l'onere connesso con i rallentamenti effettivamente istituiti.
7. La durata dell'interruzione giornaliera, sarà riferita, in caso di ritardata riattivazione imputabile all'Appaltatore, all'ora di effettiva riattivazione.
8. Il contratto potrà altresì prevedere variazioni ai prezzi previsti in funzione della durata e dell'allocazione (diurna / notturna) e/o feriale/festiva delle interruzioni.

## 6.16. ARTICOLO 16

### 6.16.1. Risoluzione del contratto

Qualora le tardate riattivazioni evidenzino gravi carenze tecniche ed organizzative dell'Appaltatore, desunte sia dalla frequenza di tali tardate riattivazioni, sia dalle cause che le hanno determinate tenuto conto anche della gravita delle conseguenze sull'esercizio, si potrà procedere alla risoluzione del contratto ai sensi e agli effetti dell'ari. 1456 del Codice Civile, secondo le modalità e per gli effetti di cui agli art. delle Condizioni Generali di Contratto.

## 6.17. ARTICOLO 17

### 6.17.1. Premi e penalità per il minore o maggiore utilizzo del numero delle interruzioni

II contratto potrà prevedere premi o penalità in funzione del minore o maggiore numero delle interruzioni usufruite rispetto a quelle programmate.

## 6.18. ARTICOLO 18

### 6.18.1. Riattivazione

1. Al termine di ciascuna interruzione della circolazione dei treni per lavori, l'Appaltatore deve eseguire tutti quei controlli e verifiche necessarie affinché la circolazione dei treni possa riprendere sul binario interessato dai lavori senza alcun pregiudizio per la regolarità e la sicurezza dell'esercizio ferroviario.
2. A conferma di tale adempimento, l'Appaltatore al termine del lavoro giornaliero deve consegnare all'agente del Gestore dell'infrastruttura responsabile della riattivazione della circolazione la seguente dichiarazione scritta : "L'Appaltatore dichiara che i lavori consistenti in eseguiti dallo stesso il giorno dalle ore .... alle ore ..... sulla linea o tratta o nella stazione sono stati eseguiti a perfetta regola d'arte e comunque entro le tolleranze ammesse". Tale dichiarazione dovrà essere firmata dall'Appaltatore o da persona da lui delegata e controfirmata dalla direzione lavori o da persona da lui delegata.
3. Tale dichiarazione può essere sostituita, se previsto in contratto, dalla compilazione da parte dell'Appaltatore, o da persona da lui designata, di apposite schede di qualità riportanti anche i valori delle caratteristiche geometriche di alcuni parametri rilevati, e/o da grafici ottenuti da apparecchi registratori dell'Appaltatore.

## 6.19. ARTICOLO 19

### 6.19.1. Obblighi ed oneri particolari dell'Appaltatore

1. I prezzi della tariffa contrattuale comprendono e compensano l'Appaltatore di tutti gli oneri sostenuti per l'esecuzione dei lavori tenuto conto della specificità della sede e del la particolarità dovuta alla presenza dell'esercizio ferroviario.
2. In particolare per i suddetti lavori l'Appaltatore dovrà:
2.1. provvedere, anche nei giorni piovosi, allo scarico in linea dei treni materiali già programmati e che non sia stato possibile disdire tempestivamente. Qualora l'Appaltatore non vi provvedesse gli verranno addebitate le spese relative alla mancata utilizzazione del treno materiale ovvero quelle che il Gestore dell'infrastruttura avesse incontrato per provvedervi d'ufficio, maggiorate del 10% (diecipercento);
2.2. evitare nel modo più assoluto che le materie di risulta da scavi o rimozioni o sistemazioni qualsiasi, vengano depositate, neppure temporaneamente, sulle scarpate;
2.3 durante tutto il corso dei lavori, e quindi anche nei periodi di sospensione ordinati dalla direzione lavori, l'Appaltatore è obbligato a mantenere reperibile nelle adiacenze della zona di lavoro un congruo numero di operai, onde eliminare al più presto anomalie che possano compromettere la regolarità e la sicurezza dell'esercizio ferroviario.

# 7. DISPOSIZIONI GENERALI PER L'ESECUZIONE E GESTIONE LAVORI DI MANUTENZIONE DELL'ARMAMENTO

## 7.1. PARTE I

### 7.1.1. Disposizioni tecniche

Le presenti Disposizioni Generali determinano le norme per l'esecuzione delle principali categorie di lavoro all'armamento, nonché alcune specifiche condizioni amministrative da valere nell'esecuzione dei lavori di manutenzione dell'armamento con mezzi meccanici o a mano, a seconda di quanto previsto nei relativi atti di appalto.

ART. 1.

**REVISIONE GENERALE DELL'ARMAMENTO**

La revisione generale dell'armamento da eseguirsi cori mezzi meccanici o a mano nei binari di corsa in linea e nei binari di stazione in retta ed in curva, poggiati su traverse di legno, metalliche o in cemento, compresi i deviatoi in essi inseriti, nonché in corrispondenza di passaggi a livello
passatoie a raso, ad eccezione delle travate metalliche per le quali si provvederà in economia, consiste nei seguenti lavori:

- scopertura del binario da eseguirsi in profondità almeno fino al piano di posa delle traverse, nel caso di revisione con mezzi meccanici e fino a centimetri cinque sotto il piano di posa delle traverse nel caso di revisione a mano; la massicciata dei binari di corsa dovrà essere rimossa dalle estremità delle traverse fin presso l'asse deI binario, lasciando nel mezzo del binario stesso un nucleo della larghezza non maggiore di centimetri cinquanta, mentre nei binari delle stazioni la scopertura deve essere eseguita per l'intero cassettone qualunque dovesse risultare la consistenza e l'entità delle materie da ri muovere;
- ricambio e rilavorazione di traverse e legnami speciali che saranno necessari o ordinati per qualunque motivo; tali operazioni saranno compensate a parte con gli appositi prezzi di contratto;

1. regolarizzazione dello scartamento, sia in retta che in curva, secondo le misure regolamentari, là dove si verifichino differenze maggiori di cinque millimetri in più o di due millimetri in meno, con la condizione però che in qualsiasi tratto di binario revisionato, lo scartamento fra due successivi appoggi non dovrà presentare una variazione superiore ad un millimetro, regolarizzazione da eseguire:

a. nei binari armati con attacchi indiretti, ove possibile, mediante l'inversione delle piastrine degli attacchi stessi, oppure mediante l'applicazione, in sostituzione di quelle esistenti, di nuove piastrine di marca o tipo diverso da quelle in opera;
b. nei binari armati con attacchi diretti, ivi compresi quelli del tipo ad arpione elastico, ed in quelli con attacchi indiretti, peri quali non è possibile regolarizzare lo scartamento con le modalità del punto a), mediante il ricambio o la rilavorazione delle traverse di cui all'art. 7 delle presenti Disposizioni;

- ispezione e ricambio di parti speciali di deviatoio e dei materiali metallici minuti ordinari, rotti, eccessivamente logorati o comunque giudicati inefficienti dalla Dirigenza, escluso il

ricambio delle rotaie, compresa la regolarizzazione o riduzione dello scartamento ai valori che verranno prescritti dalla Dirigenza con la tolleranza di un millimetro in più o in meno;

- smontaggio delle ganasce di giunzione, previa lubrificazione delle chiavarde da eseguirsi il giorno avanti, raschiatura con spazzola metallica delle superfici interne delle ganasce stesse e delle rotaie per tutta la zona interessante la giunzione, esame delle estremità delle rotaie per rilevarne eventuali lesioni; spalmatura con miscela lubrificante, fornita dalle Ferrovie, delle superfici ripulite; ricollocamento in opera delle ganasce anche, se ordinato dalla Dirigenza, in posizione invertita;
- stringimento accurato di tutti gli organi di attacco esistenti, previa lubrificazione anticipata di almeno un giorno, compresa la sostituzione od aggiunta di quelli che risultassero deteriorati;
- mancanti; nonché la sostituzione delle tavolette di legno rotte o la sistemazione di quelle che eventualmente si fossero spostate dalla loro sede;
- stringimento accurato delle chiavarde di serraggio nelle traverse accoppiate di giunzione;
- eliminazione, mediante l'uso dell'ascia, degli spigoli creatisi nel piano superiore delle traverse per incassamento delle piastre e spalmatura con olio di catrame delle parti lavorate con l'ascia;
- eliminazione, mediante taglio con scalpello, e successiva limatura delle sbavature o rifluimenti di metallo creatisi sulle testate delle rotaie;
- regolarizzazione sistematica delle luci di dilatazione delle rotaie, in modo che non si abbiano a riscontrare fra le nuove luci regolarizzate e quelle delle tabelle di pesa di cui al successivo articolo 9 differenze superiori ad un millimetro in meno e due millimetri in più per tutti i tipi e lunghezze di rotaie, ad eccezione di quelle da metri 36 per le quali sarà ammessa una tolleranza di un millimetro in meno e tre millimetri in più. Nella suddetta regolarizzazione, da eseguirsi con le modalità previste all'articolo 9 summenzionato, è compreso: lo scorrimento continuo delle rotaie, l'applicazione e rimozione di serraglie provvisorie nonché l'applicazione di quelle definitive di qualsiasi lunghezza dopo lo scorrimento del ferro, e ove i giunti siano affacciati la eliminazione del fuori quadro anche con la modifica, se occorre, della distribuzione delle rotaie corte nelle curve, la regolare distribuzione, nella nuova posizione assunta dalle giunzioni, delle due traverse di giunto e di altre due per parte ad esso adiacenti, tollerando una differenza del 10% (dieci per cento) rispetto all'interasse prescritto per il tipo di posa.
- Qualora, la Dirigenza, a seguito di rilievi sulle luci fatti dalle Ferrovie in anticipo alla esecuzione dei lavori di revisione generale, dovesse giudicare necessario eseguire in tratte specificate la correzione sistematica delle luci di dilatazione senza alcuna tolleranza rispetto ai valori dati dalle tabelle di cui all'articolo 9 l'Appaltatore vi dovrà provvedere, rispettando le modalità di esecuzione sopra descritte con l'aggiunta che tutte le traverse dovranno essere regolarizzate senza alcuna tolleranza rispetto all'interasse che verrà prescritto dalla Dirigenza; in tale caso però sarà corrisposto all'Appaltatore l'apposito compenso previsto nel contratto di appalto;
- regolarizzazione della posa delle traverse che si trovano in fuori squadro o a distanza di interasse irregolare, ammettendo una tolleranza del 10% (dieci per cento) rispetto agli interassi prescritti per il tipo di posa in opera;

- riadattamento con sostituzione delle parti fuori uso, anche nei tratti dove le traverse hanno assunto una nuova posizione, degli ancoraggi esistenti per impedire lo scorrimento longitudinale delle rotaie;
- regolarizzazione planimetrica con l'occorrente spostamento trasversale del binario fino a centimetri cinque, sia in retta che in curva, da eseguire prima della rincalzatura sistematica degli appoggi, secondo le picchettazioni di riferimento, quando esistano, oppure, in mancanza di esse, secondo le istruzioni della Dirigenza;
- sistemazione del livello longitudinale e trasversale del binario, in retta e in curva, alzando all'occorrenza, ad esclusivo giudizio della Dirigenza e prima della rincalzatura degli appoggi, il piano del ferro fino a centimetri cinque oppure di centimetri tre quando l'alzamento assume carattere sistematico. L'alzamento sistematico di centimetri tre e limitatamente ad una fuga di rotaie, potrà essere ordinato dalla Dirigenza anche per modifica della sopraelevazione in corrispondenza delle curve;
- assodamento, con rincalzatura meccanica o a mano, secondo gli obblighi contrattuali, di tutti gli appoggi (traverse e legnami speciali), in modo che il binario assuma un regolare livello longitudinale e trasversale, e con particolare cura alle traverse doppie di giunzione per le quali dovrà eseguirsi subito prima della rincalzatura sistematica degli appoggi e a binario con livello già predisposto un assodamento con mezzi ordinari o vibranti idonei, in modo da ottenere per cinta la larghezza della traversa doppia e per una lunghezza di centimetri quaranta per parte rispetto all'asse di ciascuna rotaia, un compatto e omogeneo nucleo di pietrisco sotto il piano di posa della traversa;
- spicconatura e forconatura della parte marginale dell'unghiatura per una larghezza di centimetri venti, misurati dal piede dell'unghiatura stessa;
- estirpazione e trasporto a rifiuto delle erbe, radici ed arbusti esistenti nella massicciata e sulla banchina, fino al ciglio del rilevato od alla cunetta delle trincee, ed in ogni caso non oltre la distanza limite risultante per ciascun tipo di linea nei disegni di cui al successivo articolo 5;
- ripresa con forconi della massicciata comunque rimossa;
- riguarnitura e profilatura della massicciata secondo la sagoma prescritta, impiegando pietrisco da prelevarsi dall'intervia, se eccedente la sagoma e, all'occorrenza, pietrisco di nuova fornitura, per la quale verrà compensato con l'apposito prezzo di tariffa Io scarico dai carri ferroviari;
- -- regolarizzazione, sulle linee a doppio binario, relativamente al Iato adiacente al binario da revisionare, della banchina di piattaforma e della pendenza fino al ciglio del rilevato od alla cunetta delle trincee, ma in ogni caso non oltre la distanza limite risultante per ciascun tipo di linea nei disegni di cui al successivo articolo 5, compreso l'occorrente scavo delle banchine stesse per portarle fino alle quote regolamentari indicate nei disegni di cui all'articolo sopracitato, ma in ogni caso non oltre il piano della piattaforma stradale esistente che verrà individuato ad esclusivo ed insindacabile giudizio della Dirigenza. Nei tratti di binario dove la massicciata è incassata. I'Appaltatore è obbligato ad eseguire lo spurgo delle feritoie esistenti nei muretti di contenimento delle cunette in muratura, siano essi allo scoperto che in galleria, per assicurare iI libero scolo delle acque dalla piattaforma stradale; nei casi in cui dalle banchine di piattaforma le acque non avessero libero scolo verso il ciglio dei rilevati o nelle cunette longitudinali adiacenti, l'Appaltatore è obbligato ad eseguire in

senso normale al binario, lo scavo di solchi di scarico della larghezza non inferiore a centimetri venti cd a intervalli non maggiori di quattro metri e con sufficiente pendenza per il rapido smaltimento delle acque fuori della piattaforma. In corrispondenza dei binari di stazione, l'Appaltatore dovrà regolarizzare il piano delle banchine di intervia attigue ai binari in lavorazione, in modo che il piano di esse non venga a risultare superiore al piano ferro od inferiore al piano superiore delle traverse;

- lo spurgo e pulizia delle esistenti cunette sia in galleria che allo•scoperto, da eseguire mediante estirpamento di erbe ed arbusti nonché asportazioni di materie di qualsiasi natura che ostruiscono il necessario convogliamento delle acque;
- lo spurgo e la pulizia, sia in galleria che in trincea, di cunicoli laterali adiacenti al binario in lavorazione, il cui piano di copertura non risulti a quota inferiore al piano di posa delle traverse, da eseguire, mediante asportazione di materie di qualsiasi natura esistenti sulle lastre di copertura, rimozione delle lastre dei cunicoli stessi nella quantità necessaria per l'esecuzione dei lavori di spurgo e pulizia succitati, ricollocamento in opera delle lastre stesse con l'onere delle eventuali opere murarie occorrenti. Tali lavori di spurgo e pulizia di cunicoli laterali saranno compensati a parte con gli appositi prezzi di contratto;
- sulle linee a semplice binario, i lavori anzidetti di regolarizzazione della banchina di piattaforma, di spicconatura del piece dell'unghiatura, di pulizia della banchina, di spurgo e pulizia delle cunette e cunicoli laterali, debbono essere eseguiti da entrambi i lati della sede stradale con le stesse modalità sopra precisate;
- l'allontanamento delle materie provenienti dalla forcona tura della massicciata comunque rimossa nel corso dei lavori, dallo spurgo e pulizia delle cunette e dei cunicoli in terra o in muratura e dalla eventua'e regolarizzazione delle banchine, e sistemazione delle materie stesse a rinfianco dei rilevati, con l'obbligo di non alterare l'andamento trasversale regolamentare del corpo stradale e delle adiacenti cunette di scarico e solo eccezionalmente, se esplicitamente ordinato dalla Dirigenza, a ricarico delle banchine, con assoluto divieto di deposito, anche provvisorio, sulle scarpate delle trincee. Per la sistemazione delle predette materie potrà anche essere ordinato il deposito e la sistemazione su aree di proprietà ferroviaria prossime al corpo stradale, con trasporti a distanza comunque non superiore ai metri cinquanta, oppure il carico su carrelli, carri ferroviari di qualsiasi tipo o altri mezzi di trasporto forniti sul luogo d'impiego dalle Ferrovie; in questi casi verrà corrisposto all'Appaltatore apposito compenso per i relativi maggiori oneri. (Qualora all'Appaltatore venga ordinato lo scarico delle materie precedentemente caricate, questi vi dovrà provvedere nei luoghi designati dalla Dirigenza, scmpreché i luoghi stessi rientrino nel tratto delimitato da due stazioni successive, dal quale le materie in argomento provengono oppure ricadono nell'ambito di una delle due stazioni suaccennate);
- rimozione e ripristino di passatoie esistenti nelle stazioni;
- la manutenzione del binario revisionato in ciascun periodo, come specificato all'articolo 19 delle presenti Disposizioni Generali.

ART. 2

## LIVELLAMENTO SISTEMATICO DEL BINARIO

ll livellamento sistematico da eseguirsi con mezzi meccanici o a mano, nei binari di corsa in linea e nei binari di stazione, in retta cd in curva, poggiati su traverse di legno, metalliche o in cemento, compresi ì deviatoi in essi inseriti, nonché in corrispondenza di passaggi a livello e passatoie a raso, ad eccezione delle travate metalliche per le quali si provvederà in economia, consiste nei seguenti lavori:

- seopertura del binario da eseguirsi in profondità almeno fino a centimetri cinque al disotto del piano superiore delle traverse nel caso di livellamento con mezzi meccanici e fino al piano di posa delle traverse ne/ caso di livellamento a mano, rimuovendo nei due casi la massicciata dalle estremità delle traverse fino presso_l'asse del binario e lasciando nel mezzo del binario stesso un nucleo della larghezza non maggiore di centimetri cinquanta;
- estirpazione e trasporto a rifiuto delle erbe, delle radici e degli arbusti dalla massicciata e dalle banchine fino al ciglio del rilevato od alla cunetta delle trincee, cd in ogni caso non oltre e dalle banchine fino al ciglio del rilevato od alla cunetta delle trincee, cd in ogni caso non oltre Ia distanza limite per la banchina risultante per ciascun tipo di linea nei disegni di cui al successivo articolo 5;
- stringimento accurato di tutti gli organi (li attacco e delle ganasce di giunzione previa lubrificazione anticipata di almeno un giorno, compresa la sostituzione od aggiunta di quelli che risultassero deteriorati o mancanti, nonché rinnovo in posizione ben centrata rispetto alla sede di appoggio, delle tavolette rotte o che abbiano lavorato eccentricamente;
- stringimento accurato delle chiavarde di serraggio nelle traverse accoppiate di giunzione;

regolarizzazione planimetrica, con l'occorrente spostamento trasversale del binario fino a centimetri cinque, sia in retta che in curva, da eseguirsi prima della rincalzatura degli appoggi secondo le picchettazioni di riferimento, quando esistano, oppure in mancanza di esse secondo le istruzioni della Dirigenza;

- sistemazione del livello longitudinale e trasversale del binario, in retta e in curva, alzando all'occorrenza, ad esclusivo giudizio della Dirigenza e prima della rincalzatura degli appoggi, il piano del ferro fino a centimetri cinque oppure di centimetri tre quando l'alzamento assume carattere sistematico. L'alzamento sistematico di centimetri tre e limitatamente ad una fuga di rotaie, potrà essere ordinato dalla Dirigenza anche per modifica della sopraelevazione in corrispondenza delle curve;

- rincalzatura meccanica o a mano, secondo gli obblighi contrattuali, di tutti gli appoggi (traverse e legnami speciali), in modo che il binario assuma un regolare livello longitudinale e trasversale e con particolare cura alle traverse doppie di giunzione per le quali dovrà eseguirsi, 'subito prima della rincalzatura sistematica degli appoggi e a binario con livello già predisposto, un assodamento con mezzi ordinari o vibranti idonei, in modo da ottenere per tutta la larghezza della traversa doppia e per una lunghezza di centimetri quaranta per parte rispetto all'asse di ciascuna rotaia, un compatto ed omogeneo nucleo di pietrisco sotto il piano di posa della traversa;
- ripresa con forconi della massicciata comunque rimossa e riguarnitura e profilatura della sagoma prescritta;

- rimozione e rirpristino di passatoie esistenti nelle stazioni;
- disperdimento sul posto delle materie di risulta provenienti dalla ripresa e forconatura della massicciata;
- la manutenzione del binario livellato in ciascun periodo come specificato all'articolo 19 delle presenti Disposizioni Generali.

ART. 3

## RISANAMENTO DELLA MASSICCIATA

Il risanamento della massicciata in binario di qualsiasi modello e tipo di posa, in linea, nelle stazioni, in corrispondenza di passaggi a livello e di opere d'arte, da eseguirsi con prescrizione di riduzione della velocità treni, comprende:

- la sguarnitura, il dissodamento e la rimozione delle materie esistenti, di qualsiasi natura e consistenza, estesi sutto il piano di posa delle traverse fino alla profondità stabilita nel contratto di appalto, avvertendo che in presenza di traverse metalliche, deve intendersi come piano di posa quello passante per i bordi inferiori delle traverse stesse in corrispondenza delle rotaie, e con l'obbligo di ricavare, rispettando la quota prevista di scavo, un piano inclinato che mantenga una pendenza dal 3,5% (tre e cinque per cento) verso le banchine del corpo stradale e con andamento corrispondente a quello previsto dal successivo art. 5 per la piattaforma stradale; in larghezza lo scavo dovrà essere esteso fino all'asse dell'intervia ma comunque non oltre un metro e centimetri cinquanta dalla più vicina rotaia se trattasi di linea a doppio binario o a tutto il corpo della massicciata se trattasi di linea a semplice binario e fino ai piedritti o alle cunette in muratura se in galleria. Qualora con lo scavo prescritto non venga raggiunto il piano di piattaforma, l'Appaltatore è sempre tenuto ad asportare tutte le materie costituenti l'unghiatura della massicciata, spingendo lo scavo fino al piano di piattaforma stradale. Nelle stazioni, per i binari non aventi massicciate di sezione assimilabile a quelle di cui al successivo articolo 5, la sguarnitura, il dissodamento e la rimozione delle materie costituenti o sovrastanti la massicciata saranno estesi fino a non oltre m. 1,50 dalla più vicina rotaia o fino all'attiguo marciapiede di stazione ove esista;
- il graduale abbassamento provvisorio del binario sul piano raggiunto con la rimozione della massicciata, raccordando iI tratto abbassato con l'adiacente tratto già r'alzato e con quello ancora da abbassare mediante raccordo a piano inclinato avente una pendenza non superiore al venti per mille con regolare livello longitudinale e trasversale, sia per evitare la formazione di sghembi pericolosi, sia per non andare incontro a variazioni di sagoma dei veicoli e conseguenti irregolari spostamenti trasversali degli organi di presa corrente nelle linee elettrificate; oppure, a giudizio insindacabile della Dirigenza, sostenendo provvisoriamente il binario con tacchi di legno ricavati a cura dell'Appaltatore, da traverse fuori uso fornite sul luogo dalle Ferrovie;
- la vagliatura della massicciata rimossa per separarla dalle materie terrose, e in modo da ricavare pietrisco di pezzatura superiore ai 3 cm., da eseguirsi sulle banchine, a mano con vagli a cavalletto, o con mezzi meccanici di tipo riconosciuto idoneo dalla Dirigenza e che presentino caratteristiche costruttive e funzionali tali da consentire la buona riuscita dei lavori e che non rechino pregiudizio alcuno alla sicurezza e regolarità dell'esercizio ferroviario sui binari attigui a quello in lavorazione, restando l'impiego dei forconi limitato ai soli casi in cui per particolari condizioni della massicciata, sarà ordinato dalla Dirigenza,

con l'avvertenza che in tale caso verrà praticata la riduzione del 10% (dieci per cento) al prezzo della relativa voce stabilito in contratto. Qualora infine venga ordinato dalla Dirigenza di asportare tutte le materie rimosse, senza eseguirne la vagliatura, verrà praticata la riduzione del 20% (venti per cento) al prezzo della relativa voce stabilito in contratto;
Le suddette riduzioni del 10 e del 20 per cento non dovranno essere applicate per i tratti di binario ricadenti in gallerie di lunghezza non inferiore a metri lineari 50 ed in trincee che presentino, dalla parte del binario in lavorazione, il ciglio superiore, per una lunghezza minima di metri lineari 50, a quota non minore di metri 1,50 rispetto all'esistente piano del ferro.
Per le trincee su linee a semplice binario verrà presa in considerazione agli effetti della quota in altezza la scarpata verso valle. Nel caso di gallerie aventi trincee di accesso con le caratteristiche suddette, si dovrà considerare, ai fini della non applicazione della riduzione di cui sopra, la lunghezza complessiva delle gallerie più le relative trincee.
Si conviene altresì che per i lavori di risanamento la citi vagliatura venga eseguita cori vagli a cavalletto o con mezzi meccanici, sui tratti di binari ricadenti in galleria od in trincea con le caratteristiche sopra descritte, sarà corrisposto un compenso nella misura del 15% (quindici per cento) al prezzo della relativa voce stabilito in contratto;
nelle gallerie l'Appaltatore dovrà usare piazzole mobili per eseguire su queste la vagliatura della massicciata e iI provvisorio deposito delle materie di ricavo da caricare;

- la regolarizzazione, relativamente al lato adiacente al binario da risanare, della quota della banchina di piattaforma e della sua pendenza fino al ciglio del rilevato od alla cunetta delle trincee, ma in ogni caso non oltre la distanza limite, risultante per ciascun tipo di linea nei disegni di cui al successivo articolo 5, compreso l'occorrente scavo per portare il piano delle banchine stesse fino alle quote regolamentari indicate nei disegni di cui al summenzionato articolo e riferite al livello che assumerà il binario a risanamento ultimato, ma in ogni caso limitando lo scavo a non oltre il piano della piattaforma stradale, che verrà individuato ad esclusivo ed insindacabile giudizio della Dirigenza. Nei tratti di binario dove la massicciata è incassata l'Appaltatore è obbligato ad eseguire lo spurgo delle feritoie esistenti nei muretti di contenimento delle cunette in muratura, siano essi allo scoperto che in galleria; nei casi in cui dalle banchine di piattaforma le acque non avessero il libero scolo verso il ciglio dei rilevati o nelle cunette longitudinali adiacenti, l'Appaltatore è obbligato ad eseguire, in senso normale al binario, lo scavo di solchi di scarico della larghezza non inferiore a centimetri venti e ad intervalli non maggiori di quattro metri e con sufficiente pendenza per il rapido smaltimento delle acque fuori della piattaforma (per le linee a semplice binario i lavori del presente capoverso debbono essere eseguiti da ambo i lati del binario stesso);
- pulizia e spurgo delle esistenti cunette sia in galleria che allo scoperto da eseguire mediante estirpamento di erbe radici ed arbusti, nonché asportazione di materie di qualsiasi natura che ostruiscono il necessario convogliamento delle acque;
- pulizia e spurgo sia in rincea che in galleria degli esistenti cunicoli compreso l'eventuale maggiore scavo, rimozione ed asportazione di materie di qualsiasi natura per raggiungere il piano di copertura dei cunicoli stessi, rimozione delle lastre di copertura nella quantità necessaria per l'esecuzione dei lavori di spurgo c pulizia succitati, ricollocamento in opera delle lastre rimosse compreso l'onere delle ventuali opere murarie necessarie. Tali lavori di

spurgo e pulizia dei cunicoli troveranno compenso a parte con gli appositi prezzi di contratto;

- l'allontanamento delle materie provenienti dalla vagliatura della massicciata o comunque rimossa nel corso dei lavori, dallo spurgo e pulizia delle cunette e dei cunicoli in terra o in muratura e dalla eventuale regolarizzazione delle banchine, e sistemazione delle materie stesse a rinfianco dei rilevati, con l'obbligo di non alterare l'andamento trasversale regolamentare del corpo stradale e delle adiacenti cunette di scarico e solo eccezionalmente, se esplicitamente ordinato dalla Dirigenza, a ricarico delle banchine, con assoluto divieto di deposito, anche provvisorio, sulle scarpate delle trincee, per Ia sistemazione delle predette materie potrà anche essere ordinato il deposito e la sistemazione su aree di proprietà ferroviaria prossime a/ corpo stradale, con trasporti a distanza comunque non superiore ai metri cinquanta, oppure il carico su carrelli, carri ferroviari di qualsiasi tipo o altri mezzi di trasporto forniti sul luogo d'impiego dalle Ferrovie; in questi casi verrà corrisposto all'Appaltatore apposito compenso per i relativi maggiori oneri. (Qualora all'Appaltatore venga ordinato lo scarico delle materie precedentemente caricate, questi vi dovrà provvedere nei luoghi designati dalla Dirigenza, sempreché i luoghi stessi rientrino nel tratto delimitato da due stazioni successive, dal quale le materie in argomento provengono oppure ricadano nell'ambito di una delle due stazioni suaccennate).
- la formazione della massicciata deve essere eseguita a strati non superiori a cm in rincalzando per ogni strato tutti gli appoggi, in modo da assicurare il livello longitudinale e trasversale del binario per garantire il regolare transito dei treni specialmente durante il periodo giornaliero lavorativo; nella formazione suddetta ('Appaltatore dovrà impiegare il pietrisco proveniente dalla vagliatura e quello da prelevarsi dall'intervia se eccedente la sagoma, con l'obbligo di formare l'ultimo strato di 10 cm. al disotto delle traverse con pietrisco di pezzatura regolamentare, da 3 a 6 cm. di nuova fornitura o con pietrisco ricavato dalla vagliatura se di pezzatura regolamentare.
  Lo scarico dai carri ferroviari di pietrisco nuovo da impiegare verrà compensato con apposita voce contrattuale;
- la formazione di rampe di raccordo definitive tra i tratti di binario rialzato e quelli che conservano la quota altimetrica esistente (ponti in ferro, passaggi a livello, binari di stazione), con l'obbligo di non modificare la pendenza esistente di più del due per mille;
- ricambio e rilavorazione di traverse e 'legnami speciali che saranno necessari e ordinati per qualunque motivo; tali operazioni saranno compeiNate a parte COLI gli appositi prezzi di contratto;
- regolarizzazione dello scartamento, sia in retta clic in curva, secondo le misure regolamentari, là ove si verifichino differenze maggiori di cinque millimetri in più o di due millimetri in meno, con la condizione però che in qualsiasi tratto di binario revisionato, lo scartamento fra due successivi appoggi non dovrà presentare una variazione superiore ad un millimetro, regolarizzazione da eseguire:
  a. nei binari armati con attacchi indiretti, ove possibile, mediante l'inversione delle piastrine degli attacchi stessi, oppure mediante l'applicazione, in sostituzione di quelle esistenti, di nuove piastrine di marca o tipo diverso da quelle in opera;
  b. nei binari armati con attacchi diretti, ivi compresi quelli del tipo ad arpione elastico, ed in quelli con attacchi indiretti, per i quali non è possibile regolarizzare lo scartamento

con le modalità del punto a), mediante il ricambio o la rilavorazione delle traverse di cui all'articolo 7 delle presenti Disposizioni;

- ispezione e ricambio di parti speciali dei deviatoi e dei materiali metallici minuti ordinari rotti, eccessivamente logorati o comunque giudicati inefficienti dalla Dirigenza escluso il ricambio delle rotaie, compresa la regolarizzazione o riduzione dello scartamento ai valori che verranno prescritti dalla Dirigenza con la tolleranza di un millimetro in più o in meno;
- la correzione sistematica delle luci di dilatazione per portare il valore di esse alle misure previste dalle tabelle contenute nel successivo articolo 9 senza alcuna tolleranza e con la osservanza delle disposizioni di esecuzione contenute nell'articolo stesso, compreso l'occorrente scorrimento continuo delle rotaie, l'eliminazione del fuori squadro esistente in corrispondenza dei giunti affacciati, la modificazione della distribuzione delle rotaie corte nelle curve, l'applicazione e rimozione di serra-glie provvisorie nonché applicazione di quelle definitive di qualsiasi lunghezza dopo completato lo scorrimento del ferro;
- la messa a squadro delle traverse e loro distribuzione secondo il tipo di posa che verrà prescritto dalla Dirigenza per il binario da risanare, senza alcuna tolleranza;
- smontaggio delle ganasce di giunzione, previa lubrificazione delle chiavarde da eseguire il giorno avanti, raschiatura con spazzole metalliche delle superfici interne delle ganasce stesse e delle rotaie e per tutta la zona interessante la giunzione; esame delle estremità delle rotaie per rilevarne eventuali lesioni; spalmatura con miscela lubrificante, fornita dalle Ferrovie, delle superfici ripulite; ricollocamento in opera delle ganasce anche, se ordinato dalla Dirigenza, in posizione invertita;
- lo stringimento accurato, previa lubrificazione anticipata di almeno un giorno, di tutti gli organi di attacco e sostituzione od aggiunta di quelli che risultassero deteriorati o mancanti, nonché la sostituzione delle tavolette di legno rotte o la sistemazione di quelle che eventualmente si fossero spostate dalla loro sede;
- stringimento accurato delle chiavarde di serraggio nelle traverse accoppiate di giunzione;
- eliminazione, mediante l'uso dell'ascia, degli spigoli creatisi nel piano superiore delle traverse per incassamento delle piastre e spalma tura con olio di catrame delle parti lavorate con l'ascia;
- eliminazione, mediante taglio con scalpello, e successiva limatura delle sbavature o rifluimenti di metallo creatisi sulle testate delle rotaie;
- la regolarizzazione planimetrica del binario con l'occorrente spostamento trasversale del binario stesso, sia in retta che in curva, da eseguire in anticipo del primo livellamento, secondo le picchettazioni di riferimento, quando esistano, oppure, in mancanza di esse secondo le istruzioni della Dirigenza;
- il primo livellamento sistematico del binario con rincalzatura di tutti gli appoggi da eseguire con mezzi meccanici, previe le occorrenti rettifiche per fare assumere al binario un perfetto livello longitudinale e trasversale e per consentire l'immediata cessazione delle limitazioni di velocità ai treni;
- la riguarnitura del binario e la profilatura della massicciata e suo completamento secondo la sagoma risultante per il tipo di linea in lavorazione nei disegni di cui al successivo articolo 5;
- la manutenzione, del tratto di binario con massicciata risanata in ciascun periodo, per tutto il tempo intercorrente fra l'ultimazione del primo livellamento e l'inizio del secondo

livellamento; durante tale intervallo l'Appaltatore è obbligato ad assicurare l'efficienza del binario nei riguardi dell'esercizio, eliminando non solo i difetti che possano interessare la sicurezza della circolazione ma anche tutti quelli che siano pregiudizievoli alla regolarità di marcia dei treni e alla buona conservazione delle rotaie e dei materiali in genere;

- il secondo livellamento sistematico del binario, con rincalzatura di tutti gli appoggi per la definitiva sistemazione del livello longitudinale e trasversale del binario, da eseguire con mezzi meccanici dopo trascorsi almeno trenta giorni dalla data di scadenza di ciascun periodo lavorativo durante il quale è stato eseguito il primo livellamento;
- la manutenzione del binario con massicciata risanata come specificato dall'articolo 19 delle presenti Disposizioni.

ART. 4

## RISANAMENTO DELLA MASSICCIATA COSTITUENTE L'UNGHIATURA E DI QUELLA CONTENUTA NEI VANI FRA LE TRAVERSE

Il risanamento della parte di massicciata costituente l'unghiatura e di quella contenuta nei vani fra le traverse da eseguirsi in sede di revisione generale comprende:

- lo scavo e la rimozione della massicciata compresa nei vani fra le traverse da estendersi in profondità, fino al piano di posa delle traverse stesse e in larghezza fino all'asse dell'intervia ma comunque non oltre metri uno e centimetri cinquanta dalla più vicina rotaia se trattasi di linea a doppio binario o a tutto il corpo della massicciata se trattasi di linea a semplice binario e, per quella di unghiatura, per tutta la zona esterna a sezione triangolare dell'unghiatura stessa delimitata dal piano verticale passante per il suo ciglio superiore e fino ad incontrare il piano di regolamento della piattaforma stradale che verrà individuato ad esclusivo ed insindacabile giudizio della Dirigenza; nei tratti in cui la massicciata è incassata, lo scavo e la rimozione vanno estesi alla zona anzidetta e quindi fino al murretto di contenimento, con l'obbligo di spurgare le feritoie di scarico;
- la vagliatura della massicciata rimossa per separarla dalle materie terrose, in modo da ricavare pietrisco superiore ai tre centimetri, da eseguirsi a mano con vagli a cavalletto restando l'impiego dei forconi limitato ai soli casi in cui, per particolari condizioni della massicciata, sarà ordinato dalla Dirigenza con l'avvertenza che in tal caso verrà praticata la riduzione del 10% (dieci per cento) a prezzo della relativa voce stabilito in contratto;
- la ripresa con forconi della massicciata vagliata e la riguarnitura del binario secondo la sagoma risultante, per il tipo di linea in lavorazione, nei disegni di cui al successivo articolo 5, impiegando pietrisco da prelevarsi dall'intervia, se eccedente la sagoma e, all'occorrenza, pietrisco di nuova fornitura, per il quale verrà compensato con l'apposito prezzo di tariffa lo scarico dai carri ferroviari.

ART. 5

## RISPETTO DELLE SAGOME DELLA MASSICCIATA E REGOLARIZZAZIONE DELLE BANCHINE DURANTE L'ESECUZIONE DEI LAVORI

Fermo restando l'obbligo stabilito dal predetto articolo 1, circa la regolarizzazione delle banchine in sede di revisione generale dell'armamento, l'Appaltatore nell'eseguire i lavori di risanamento della massicciata di cui al precedente articolo 3, oltre clic rispettare le quote di scavo prescritte nel contratto di appalto, avrà l'obbligo di osservare, durante il completamento della sagoma della massicciata nonché per la regolarizzazione delle banchine di piattaforma, le misure indicate nei disegni qui appresso riportati c concernenti le nuove sagome della massicciata per ciascun tipo di linea.
Rimane altresì convenuto che le quote di scavo prescritte nel contratto di appalto, salvo nei casi indicati in calce al presente articolo, si debbono intendere riferite come appresso specificato:
a) Linee a doppio binario:

- in rettifilo e nelle curve con sopraelevazione fino a centimetri cinque, la quota di scavo al disotto del piano inferiore delle traverse va misurata in corrispondenza delta rotaia interna;
- in curva con sopraelevazione maggiore di centimetri cinque, la quota di scavo al disotto del piano inferiore delle traverse va misurata in corrispondenza della rotaia più bassa;

b) Linee a semplice binario:

- in rettifilo, la quota di scavo al disotto del piano inferiore delle traverse va misurata in corrispondenza delle due rotaie;
- in curva, la quota di scavo al disotto del piano inferiore delle traverse va misurata in corrispondenza della rotaia più bassa.

Nei casi di risanamento della massicciata da eseguirsi in gallerie con cunicoli centrali o laterali, o in corrispondenza di opere d'arte, o di particolari tratti di linea, per le quali la sezione della massicciata ed il profilo della piattaforma non risultano corrispondenti a quelli indicati: nei disegni che seguono, l'Appaltatore dovrà attenersi alle disposizioni che in merito verranno date dalla Dirigenza, con l'avvertenza che le quote di scavo indicate in contratto per il lavoro da eseguire, devono intendersi come misura minima della profondità di scavo in corrispondenza di una delle due rotaie.

ART. 6

## RINCALZATURA DELLE TRAVERSE DI GIUNZIONE

La rincalzatura a sé gitante con mezzi ordinari, delle traverse di giunzione, comprende:

- la scopertura completa dei cassettoni adiacenti alle traverse da rincalzare, da estendere in profondità fino a cm. 5 al disotto del piano di posa delle traverse stesse;
- lo stringimento accurato degli organi di serraggio e di attacco della giunzione;
- la regolarizzazione del livello longitudinale e trasversale della giunzione, riferendola alla restante parte del binario;
- l'assodamento accurato con mezzi idonei delle traverse di giunzione, in modo da ottenere per tutta la larghezza delle traverse e per una lunghezza di centimetri quaranta per parte rispetto all'asse di ciascuna rotaia, un compatto ed omogeneo nucleo di pietrisco sotto il piano di posa;
- la riguarnitura della massicciata rimossa.

ART. 7

## RICAMBIO O RILAVORAZIONE DI TRAVERSE O LEGNAMI DA SCAMBIO

Il ricambio o la lavorazione di traverse in legno e legnami speciali da scambio o sostituzione di traverse metalliche, eseguiti in sede di revisione generale, di risanamento della massicciata, di spostamento trasversale a sé stante di binario comprende:

- In maggiore scopertura del binario necessaria per permettere il ricambio o lo spostamento e rilavorazione dei legnami speciali e delle traverse di legno o il ricambio di quelle metalliche;
- lo smontaggio con mezzi idonei degli organi di attacco esistenti;
- l'otturazione dei fori inutilizzabili delle traverse e legnami da reimpiegare, con cavicchi incatramati, battuti a martello e spianati con l'ascia, vietandosi di rompere la parte sporgente di essi a colpi di mazza;
- lo spianamento od intagliatura, delle traverse e legnami nuovi od usati da reimpiegare in corrispondenza dell'appoggio delle piastre, da eseguire con l'ascia ed escluso l'uso della sega;
- la foratura delle traverse e legnami speciali nuovi od usati da reimpiegare, da eseguire in modo da attraversare i medesimi da parte a parte mediante verrina del diametro che verrà stabilito dagli agenti ferroviari a seconda dell'essenza delle traverse e dei legnami stessi; con l'avvertenza che per le traverse e i legnami usati da rilavorare, la nuova foratura deve distanziarsi di almeno trenta millimetri dai fori già esistenti;
- la spalmatura con olio di catrame, fornito dalle Ferrovie, delle parti rilavorate e dei fori delle traverse e legnami speciali nuovi od usati da reimpiegare prima della loro cosa in opera;
- la posa in opera delle traverse e legnami nuovi od usati da reimpiegare, il montaggio con mezzi idonei degli organi di attacco;
- l'assodamento accurato, con mezzi ordinari e prima della rincalzatura sistematica, delle traverse e legnami ricambiati e rilavorati.

ART. 8

## SOSTITUZIONE ORGANI DI ATTACCO E DI GIUNZIONE

Qualora in sede di revisione generale, di risanamento della massicciata e contemporaneamente aI ricambio o rilavorazione di traverse di cui al precedente art. 7, venga fatta eseguire l'applicazione di piastre ed attacchi di tipo diverso da quelli esistenti in opera, ('Appaltatore dovrà provvedervi mediante:

- spianatura e foratura delle traverse in relazione al tipo di piastra o piastrone da mettere in opera;
- sostituzione delle piastre, dei piastroni e degli organi di giunzione esistenti con altri del tipo indicato dalla Dirigenza;
- applicazione delle caviglie e degli organi di attacco e di tenuta rispondenti al nuovo tipo di piastre, piastroni e ganasce di giunzione messe in opera.

ART. 9

## CORREZIONE DELLE LUCI DI DILATAZIONE DELLE ROTAIE IN SEDE DI REVISIONE GENERALE E DI RISANAMENTO DELLA MASSICCIATA

L'Appaltatore, nell'eseguire la correzione sistematica delle luci di dilatazione delle rotaie, in sede di revisione generale o di risanamento della massicciata, dovrà rispettare, a seconda della lunghezza delle rotaie in opera, e per ciascuna temperatura del ferro, i valori delle luci indicati nelle tabelle qui di seguito riportate:

Per la suddetta correzione dovranno essere eseguite nell'ordine Ie seguenti operazioni:

- allentamento di tutti gli organi di attacco e delle chiavarde delle ganasce;
- sollevamento delle rotaie con paletti per eliminare l'attrito tra suola e piastra onde facilitarne la distensione;
- scorrimento delle rotaie per la regolazione esatta delle luci di dilatazione secondo la suindicata tabella ed in base alla temperatura che le rotaie hanno in quel momento, da eseguirsi con attrezzi idonei, restando vietato l'uso di qualsiasi mezzo che agisca direttamente mediante urto diretto sulle testate delle rotaie o sugli organi di giunzione o che comunque possa deformare i fori in corrispondenza delle testate delle rotaie stesse;
- stringimento massimo di tutti gli organi di attacco e moderato delle chiavarde delle ganasce.
- Le operazioni predette dovranno essere effettuate per tratti di binario non troppo lunghi in modo che nell'intervallo di tempo richiesto per le operazioni stesse, la temperatura subisca variazioni trascurabili.

La correzione delle luci di dilatazione dovrà essere eseguita quando la temperatura misurata sulle rotaie risulta inferiore a quella per la quale, nelle tabelle sopra indicate, è prevista la luce zero. La

loro ulteriore regolazione dovrà essere effettuata nel giorno successivo a quello in cui il binario è stato rincalzato e livellato.

## LUCI DI POSA PER BINARIO ARMATO CON ATTACCHI INDIRETTI IN NUMERO UGUALE O SUPERIORE AL 30% CON MASSICCIATA NORMALE DI PIETRISCO

**TABELLA** — ESCURSIONE TEMPERATURA da 60 °C a —10 °C

| Lunghezza delle rotaie in metri | LUCI DI POSA IN MILLIMETRI | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| | LIMITI DELLA TEMPERATURA DELLA ROTAIA IN GRADI °C | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 35<br>27 | 26<br>18 | 17<br>9 | 8<br>−1 | −2<br>−10 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 34<br>28 | 27<br>21 | 20<br>14 | 13<br>7 | 6<br>0 | −1<br>−7 | −8<br>−10 | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 33<br>29 | 28<br>25 | 24<br>20 | 19<br>15 | 14<br>11 | 10<br>6 | 5<br>1 | 0<br>−3 | −4<br>−8 | −9<br>−10 | | | | | | | | | |
| 24 | 32<br>30 | 29<br>26 | 25<br>23 | 22<br>19 | 18<br>16 | 15<br>12 | 11<br>9 | 8<br>5 | 4<br>2 | 1<br>−2 | −3<br>−5 | −6<br>−9 | −10 | | | | | | |
| 30 | 32<br>30 | 29<br>27 | 26<br>25 | 24<br>22 | 21<br>19 | 18<br>16 | 15<br>13 | 12<br>11 | −10<br>8 | 7<br>5 | 4<br>2 | 1<br>−1 | −2<br>−3 | −4<br>−6 | 7<br>9 | | | | |
| 36 | 32<br>30 | 29<br>28 | 27<br>26 | 25<br>23 | 22<br>21 | 20<br>19 | 18<br>16 | 15<br>14 | 13<br>12 | 11<br>9 | 8<br>7 | 6<br>5 | 4<br>2 | 1<br>0 | −1<br>−2 | −3<br>−5 | −<br>−7 | −8<br>−9 | −10 |
| 48 | 31 | 30<br>29 | 28<br>27 | 26<br>25 | 24 | 23<br>22 | 21<br>20 | 19<br>18 | 17 | 15<br>16 | 14<br>13 | 12<br>11 | 10 | 9<br>8 | 7<br>6 | 5<br>4 | 3 | 2<br>1 | -<br>0 |

| Valori teorici in mm per temperature superiori a quelle di posa a luce zero ** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ROTAIE DI METRI 9 | 36-44 | 45-53 | | | | | | |
| 12 | 35-41 | 42-48 | 49-55 | | | | | |
| 18 | 34-37 | 38-42 | 43-47 | 48-51 | 52-56 | | | |
| 24 | 33-36 | 37-39 | 40-43 | 44-46 | 47-50 | 51-53 | | |
| 30 | 33-35 | 36-38 | 39-40 | 41-43 | 44-46 | 47-49 | 50-52 | 53-54 |
| 36 | 33-34 | 35-36 | 37-39 | 40-41 | 42-43 | 44-46 | 47-48 | 49-50 |
| 48 | 32-33 | 34-35 | 36-37 | 38 | 39-40 | 41-42 | 43-44 | 45 |

## LUCI DI POSA PER BINARIO ARMATO CON ATTACCHI DIRETTI, O INDIRETTI IN NUMERO INFERIORE AL 30% O CON MASSICCIATA GHIAIOSA

**TABELLA** — ESCURSIONE TEMPERATURA da 60 °C a —10 °C

| Lunghezza delle rotaie in metri | LUCI DI POSA IN MILLIMETRI | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| | LIMITI DELLA TEMPERATURA DELLA ROTAIA IN GRADI °C | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 39<br>31 | 30<br>22 | 21<br>13 | 12<br>3 | 2<br>−6 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 38<br>32 | 31<br>25 | 24<br>18 | 17<br>11 | 10<br>4 | 3<br>−3 | −4<br>−0 | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 37<br>33 | 32<br>29 | 28<br>24 | 23<br>19 | 18<br>15 | 14<br>10 | 9<br>5 | 4<br>1 | 0<br>−4 | −5<br>−0 | | | | | | | | | |
| 24 | 36<br>34 | 33<br>30 | 29<br>27 | 26<br>23 | 22<br>20 | 19<br>16 | 15<br>13 | 12<br>9 | 8<br>6 | 5<br>2 | 1<br>−1 | −2<br>−5 | −6 | | | | | | |
| 30 | 36<br>34 | 33<br>31 | 30<br>29 | 28<br>26 | 25<br>23 | 22<br>20 | 19<br>17 | 16<br>15 | 14<br>12 | 11<br>10 | 8<br>6 | 5<br>3 | 2<br>1 | 0<br>4 | −3<br>−5 | | | | |
| 36 | 36<br>34 | 33<br>32 | 31<br>30 | 29<br>27 | 26<br>25 | 24<br>23 | 22<br>20 | 19<br>18 | 17<br>16 | 15<br>13 | 12<br>11 | 10<br>9 | 8<br>6 | 5<br>4 | 3<br>2 | 1<br>−1 | −2<br>−3 | −4<br>−5 | −6<br>−8 |
| 48 | 35 | 34<br>33 | 32<br>31 | 30<br>29 | 28 | 27<br>26 | 25<br>24 | 53<br>22 | 21 | 20<br>16 | 18<br>17 | 16<br>15 | 14 | 13<br>12 | 11<br>10 | 9<br>8 | 7 | 6<br>5 | 4<br>3 |

| Valori teorici in mm per temperature superiori a quelle di posa a luce zero ** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ROTAIE DI METRI 9 | 40-48 | 49-57 | | | | | | |
| 12 | 39-45 | 46-52 | 53-59 | | | | | |
| 18 | 38-41 | 42-46 | 47-51 | 52-55 | | | | |
| 24 | 37-40 | 41-43 | 44-47 | 48-50 | 51-54 | 55-57 | | |
| 30 | 37-39 | 40-42 | 43-44 | 45-47 | 48-50 | 51-53 | 54-56 | 57-58 |
| 36 | 37-38 | 39-40 | 41-43 | 44-45 | 46-47 | 48-50 | 51-52 | 53-54 |
| 48 | 36-37 | 38-39 | 40-41 | 42 | 43-44 | 45-46 | 47-48 | 49 |

* Valori teorici delle luci di posa a temperature inferiori a quelle di luce massima (14 mm.) consentita dai normali organi di giunzione.

** I valori teorici negativi delle luci di posa, (sovrapposizione teorica delle estremità delle rotaie nella libera dilatazione), servono per il controllo delle luci in esercizio a temperature superiori a quella con luce zero (31°) e vanno sommati, in valore assoluto alle luci rilevate per determinare, a temperature crescenti, la differenza tra luci di esercizio e luci di posa.

**AVVERTENZA:** Per le linee di montagna per le quali le temperature esterne raggiungono i valori di +54° e —16 si utilizzeranno le tabelle I e II aumentando di 6° le temperature segnalate dal termometro di rotaia.

I1 controllo delle luci di dilatazione delle rotaie per il binario sotto esercizio, con dilatazione vincolata dal serraggio degli organi di attacco e dalla aderenza delle traverse ben rincalzate, va eseguito rilevando le luci stesse sia a temperatura crescente che a temperatura decrescente. I due valori rica.-ati per ciascuna luce di dilatazione vanno raffrontati con quelli reali o teorici delle tabelle di pose_ per le corrispondenti temperature e le differenze risultanti andranno mediate fra loro.
I rilievi suddetti vanno eseguiti nei periodi di escursione della temperatura diurna prossimi alla chiusura e alla massima apertura delle luci consentita dagli organi di giunzione, ovvero di poco antecedenti all'inversione delle temperature di rotaia (massima alle prime ore del pomeriggio e minima al levar del sole) quando l'escursione diurna della temperatura pur essendo regolare non raggiunge le temperature corrispondenti sua chiusura o massima apertura delle luci.

ART. 10

**NORME DA OSSERVARE PER LA DISTRIBUZIONE DEGLI APPOGGI**

Nell'eseguire la distribuzione degli appoggi in sede dei lavori di risanamento della massicciata o di altri lavori all'armamento, l'Appaltatore è tenuto ad osservare le disposizioni che gli verranno impartite dalla Dirigenza in base o in analogia a quanto specificato dalle norme e disegni qui appresso riportati.
Per ciascuna categoria alla quale i binari appartengono o vengono assegnati dalla Dirigenza, è stabilita una distanza fra gli assi degli appoggi detta passo normale o modulo, costante su tutto lo sviluppo del binario e sottomultipla delle più frequenti lunghezze delle campate e delle distanze normali tra le giunzioni sfalsate dei binari.
Tale passo o modulo, precisato nella seguente tabella, per i tipi di posa normali è da considerarsi l'elemento base per la distanza degli appoggi di una stessa categoria di linea, indipendentemente dalla lunghezza delle campate e dallo sfalsamento dei giunti.

| TIPI DI POSA NORMALI | Modulo di interasse tra gli appoggi | Distanza fra gli assi degli appoggi o passo normale |
|---|---|---|
| I – Binari di corsa di linee principali | 6/10m | 60cm |
| II – Binari di corsa di linee di media importanza e binari di incrocio e precedenze di linee prin cipali | 6/9m | 66.6cm |
| III – Binari di corsa di linee secondarie e binari secondari di stazione | 6/8m | 75cm |

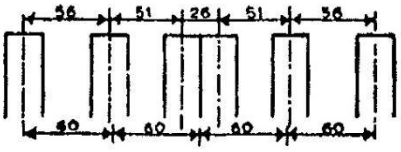
La distribuzione degli appoggi, eseguita con detto modulo o passo costante, dovrà subire degli adattamenti per un limitato numero degli appoggi stessi nelle giunzioni ove sia necessario che qualche appoggio non coincida con lo spartito prestabilito.
Tali adattamenti non modificheranno in alcun modo la distribuzione generale degli appoggi.

Gli adattamenti del passo per il gruppo degli appoggi della giunzione consiste nel ripartire un certo numero di spazi o moduli, in modo da consentire con l'aggiunta di una traversa o l'inserzione di una traversa doppia, l'avvicinamento delle traverse di giunto e controgiunto.
Per il tipo di giunto appoggiato l'adattamento del passo per i gruppi di appoggi risulta illustrato dai disegni che seguono.
Per i tipi di posa con numero di appoggi non normali e per giunzioni non appoggiate, iI passo ed il dettaglio della giunzione sarà prescritto dalla Dirigenza.
Nel caso di necessario spostamento di un appoggio dalla posizione, l'adattamento consisterà ancora nel distribuire in modo differente solo alcune traverse adiacenti al punto singolare, senza variare il numero di esse, richiesto dal tipo di posa, con una variazione del loro interasse in più da un lato compensata da una variazione in meno dall'altro lato.
Il numero delle traverse avvicinate da un lato e l'egual numero di quelle allontanate dall'altro dovrà essere il minore possibile tenendo conto che la variazione dell'interasse non dovrà essere superiore al 10% dell'interasse normale prescritto.
La misura per la messa a spartito delle traverse sarà effettuata suddividendo in parti uguali la lunghezza delle rotaie normali.
Nel caso di rotaie aventi la lunghezza non multipla dei moduli fissati nei tipi di posa normali sopradetti, come ad esempio per quelle tipo ARA o F.S. bonificate in passato senza tener conto dei detti valori, la messa a spartito delle traverse verrà effettuata mediante catene o nastri graduati con il modulo prescritto, salvo effettuare gli occorrenti adattamenti, come precedentemente specificato, in corrispondenza delle giunzioni.
Viene stabilito che la distribuzione degli appoggi, da eseguire con detti moduli o passi costanti, dovrà essere riferita sempre alla stessa fuga di rotaie, la quale servirà di base allo spartito degli appoggi medesimi e che nel caso di linee a semplice binario dovrà essere la fuga sinistra nel senso delle progressive chilometriche, mentre nel caso di linee a doppio binario dovrà essere la fuga esterna per ciascuno dei binari cioè la fuga sinistra nel senso legale di circolazione dei treni.

## 1°) TIPO DI POSA PER BINARI DI CORSA DI LINEE PRINCIPALI:

**Modulo di interasse tra gli appoggi** $= \frac{6}{10}$ **m**

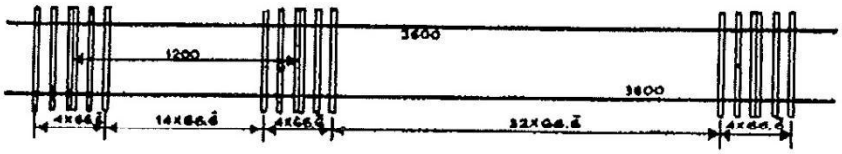
Dispositivo di distanziamento degli appoggi delle giunzioni




**Esempi di applicazione**

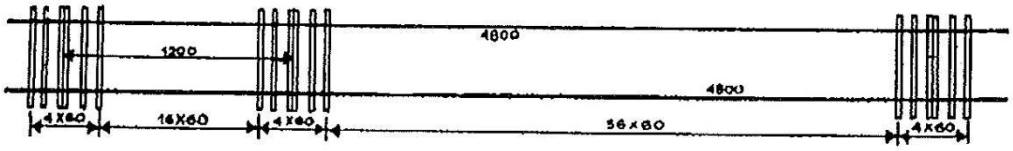
**CAMPATE DI m 36** (60 appoggi cioè: 58 traverse semplici più n. 2 traverse doppie di giunzione)

*Sfasamento delle giunzioni a m 12*




**CAMPATE DI m 48** (80 appoggi cioè: 78 traverse semplici più n. 2 traverse doppie di giunzione)

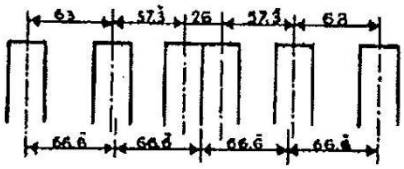
*Sfasamento delle giunzioni a m 12*




## 2°) TIPO DI POSA PER BINARI DI CORSA DI LINEE DI MEDIA IMPORTANZA O BINARI DI INCROCIO O PRECEDENZA DI LINEE PRINCIPALI:

**Modulo di interasse tra gli appoggi** $= \frac{6}{9}$ **m**

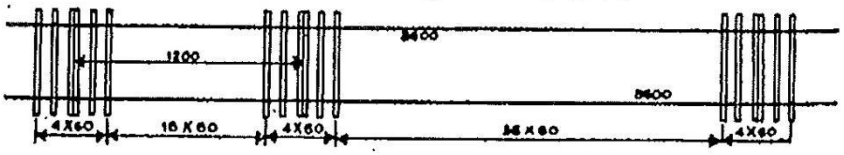
Dispositivo di distanziamento degli appoggi delle giunzioni




**Esempi di applicazione**

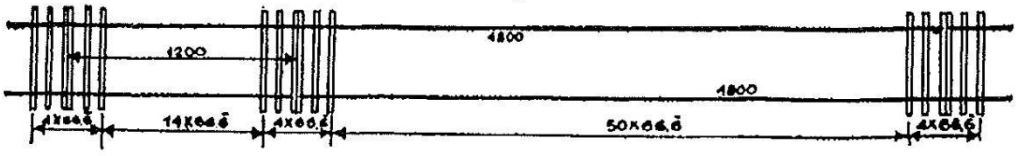
**CAMPATE DI m 36** (54 appoggi cioè: 52 traverse semplici più n. 2 traverse doppie di giunzione)

*Sfasamento delle giunzioni a m 12*




**CAMPATE DI m 48** (72 appoggi cioè: 70 traverse semplici più n. 2 traverse doppie di giunzione)

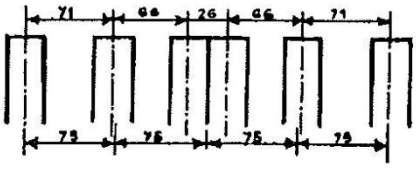
*Sfasamento delle giunzioni a m 12*



## 3°) TUBI DI POSA PER BINARI DI LINEE SECONDARIE O BINARI SECONDARI DI STAZIONE

**Modulo di interasse tra gli appoggi** $= \frac{6}{8}$ m

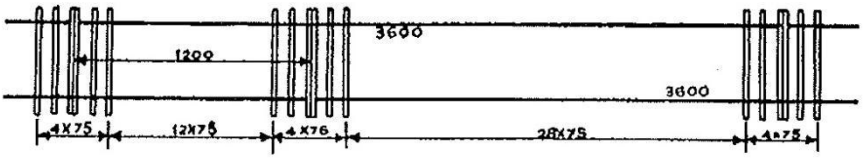
Dispositivo di distanziamento degli appoggi delle giunzioni




**Esempi di applicazione**

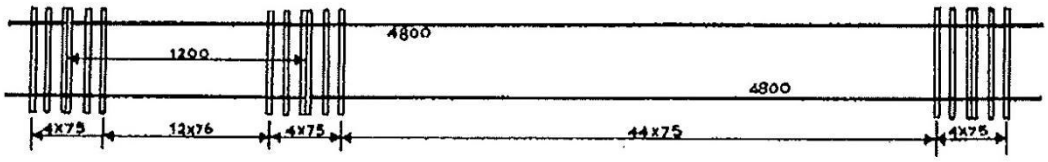
**CAMPATE DI m 36** (**48 appoggi** cioè: 16 traverse semplici più n. 2 traverse doppie di giunzione)

*Sfasamento delle giunzioni a m 12*




**CAMPATE DI m 48** (**64 appoggi** cioè: 62 traverse semplici più n. 2 traverse doppie di giunzione)

*Sfasamento delle giunzioni a m 12*




### AVVERTENZE

La traversa doppia di giunzione va computata come un solo appoggio e la sua maggiore larghezza compensa l'avvicinamento delle traverse di controgiunto.

L'interasse tra gli appoggi, prescritto dal tipo di posa, va ricavato dalla suddivisione in parti uguali delle lunghezze delle campate, ivi comprese le luci di dilatazione nelle giunzioni.

Nei lavori di bonifica le rotaie dovranno essere accorciate di una quantità multipla del modulo d'interasse tra gli appoggi prescritto dal tipo di posa del binario su cui le rotaie bonificate sono destinate.

### Valori prescritti per gli sfalsamenti delle giunzioni nei binari armati con rotaie delle lunghezze frequenti

Con le pose normali, aventi cioè rotaie di uguale lunghezza nelle due file, sono prescritti i seguenti valori dello sfalsamento delle giunzioni:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Binari con rotaie di | m 48 | 36 | 30 | 24 | 18 |
| Sfalsamento | m 12 | 12 | 12 | 6 | 6 |

Con le pose particolari che si hanno con l'impiego delle rotaie temperate nelle surve, si presentano i seguenti casi:

| Binari con rotaie di m | Rotaie temperate di m | | Sfalsamenti fra le giunzioni m |
|---|---|---|---|
| | nella fila esterna | nella fila interna | |
| 48 | 24 | — | 12 |
| 48 | 24 | 24 | 6 |
| 36 | 24 | — | 6 |
| 36 | 24 | 24 | 6 |
| 36 | 18 | — | 6 |
| 36 | 18 | 18 | 6 |

ART. 11

## LAVORI AI DEVIATOI E RELATIVA VALUTAZIONE

I prezzi dei lavori di revisione generale e di livellamento sistematico descritti agli artt. 1 e 2, che si riferiscono ad ogni metro lineare di binario, verranno applicati anche agli analoghi lavori eseguiti ai deviatoi ed alle intersezioni, nell'intesa che la lunghezza dei deviatoi semplici e delle intersezioni sarà parificata a metri sessanta di binario corrente qualunque sia il modello e la tangente di essi deviatoi ed intersezioni, mentre quella dei deviatoi doppi, tripli, inglesi semplici e inglesi doppi, sarà parificata a metri cento di binario corrente indipendentemente daI modello e dalla tangente deì deviatoi medesimi.

I prezzi per lavori di risanamento della massicciata descritto all'articolo 3 nonché quelli per alzamento di binario verranno applicati ad analoghi lavori eseguiti in corrispondenza di deviatoi ed intersezioni, nell'intesa che la lunghezza dei deviatoi semplici e delle intersezioni sarà parificata a metri quarantacinque di binario corrente qualunque sia il modello e la tangente di essi, mentre per i deviatoi doppi, tripli, inglesi semplici e doppi, la lunghezza sarà parificata a metri sessanta di binario corrente.

ART. 12

## FORNITURA DEI MATERIALI DI ARMAMENTO E PARTICOLARI DETRAZIONI DAI PREZZI DI APPALTO

Dagli appalti è esclusa la fornitura dei materiali metallici di armamento, delle traverse, dei legnami da deviatoi, del pietrisco per risanamenti o per il ricarico della massicciata, dell'olio comune per l'ungi-mento delle chiavarde di armamento, dei cavicchi di legno, dell'olio di catrame occorrente per la spalmatura delle intagliature delle traverse e legnami da deviatoi iniettati o per la immersione dei cavicchi e delle caviglie prima della loro infissione nelle traverse stesse, e della miscela per la spalmatura delle superfici di steccatura alle estremità delle rotaie e delle superfici interne delle ganasce.

Le Ferrovie si riservano la facoltà di fornire già spianate e forate le traverse nuove come pure di fornire traverse usate servibili.

Corrispondentemente verranno applicate le detrazioni indicate nel contratto di appalto. Qualora le traverse fornite, sia esse nuove che usate servibili, avessero la foratura non adatta al tipo di piastra da porre in opera, ovvero la foratura esistente occorresse di rilavorazione, non saranno applicate detrazioni, ma l'Appaltatore avrà l'obbligo di fare la nuova foratura occorrente e di otturare i fori non utilizzabili con cavicchi imbevuti nell'olio di catrame e ciò senza ulteriore compenso ai prezzi di tariffa, restando però a carico delle Ferrovie la fornitura dei cavicchi e dell'olio.

ART. 13

**TRASPORTO MATERIALI DETRAZIONI IN CASO DI PARTICOLARI AGEVOLAZIONI**

1. I materiali tutti di armamento ed altri materiali accessori da impiegare laddove non forniti dell'appaltatore, saranno concentrati a cura e spese delle Ferrovie nelle stazioni limitrofe alle singole tratte di lavoro ed in dette stazioni verranno dati in consegna all'Appaltatore. Restano a carico dell'Appaltatore medesimo tutti gli oneri per il prelievo ed il carico sul carrello, trasporto lungo la linea e scarico nei luoghi di impiego dei materiali sopra menzionati.

2. I materiali di risulta dovranno parimenti laddove non a carico dell'appaltatore, a cura e spese dell'Appaltatore, essere caricati su carrelli, previo avvicinamento dai luoghi di ricavo, trasportati lungo la linea fino ad una delle stazioni contigue al tratto di lavoro e quivi scaricati e concentrati nei luoghi di deposito che saranno indicati dagli agenti ferroviari, eseguendone la regolare cernita, la classificazione, l'accatastamento ed il riordino.

**Detrazioni:**
Fermo restando gli obblighi derivanti all'Appaltatore per quanto specificato ai precedenti punti 1) e 2), le Ferrovie potranno a loro facoltà provvedere ad effettuare a propria cura e spese le operazioni relative al carico, trasporto e scarico dei materiali da impiegare nei lavori o di ricavo dà questi. In tali casi però verranno praticate all'Appaltatore le detrazioni previste dal relativo contratto di appalto.
**Conteggio e pesi convenzionali dei materiali :**
Il conteggio dei materiali metallici d'armamento in genere, delle traverse e dei legnami da deviatoi dovrà essere eseguito a cura e spese dell'Appaltatore, per la determinazione delle quantità e pesi dei materiali medesimi.
Per il computo del tonnellaggio dei materiali di armamento verranno adottati i seguenti pesi unitari:

a) per ogni traversa ordinaria nuova: kg 100 — per ogni traversa usata servibile o fuori uso: kg 60;
b) per ogni legname da deviatoio e longarina da ponte di qualsiasi dimensione, purché superiore alle traverse ordinarie, nuovi o usati servibili: kg 160 — per ognuno dei suddetti legnami se fuori uso: kg 120;
c) per i materiali metallici di armamento nuovi od usati servibili: il peso teorico risultante dai listini e cataloghi d'armamento in uso presso le Ferrovie;
d) per i materiali metallici d'armamento fuori uso si adotterà il peso teorico di cui al precedente punto c) diminuito del 10%.

ART. 14

**IMPIEGO MACCHINARIO RINCALZATORE - FORNITURA ENERGIA ELETTRICA RISARCIMENTO DANNI CAUSATI ALLE ATTREZZATURE ELETTRICHE TRASPORTO MACCHINARIO**

Per l'esecuzione della rincalzatura meccanica delle traverse, l'Appaltatore dovrà disporre fin dall'atto della consegna dei lavori affidatigli in appalto dell'occorrente macchinario rincalzatore di sua proprietà di tipo riconosciuto idoneo dalla Dirigenza, e che presenti caratteristiche costruttive e funzionali tali da consentire l'efficiente assodamento degli appoggi del binario.

Tale macchinario rinealzatore dovrà essere adeguato all'avanzamento necessario per portare a compimento i lavori nei limiti di tempo prefissi dal contratto di appalto e pertanto la Dirigenza si riserva il diritto, ove ritenuto necessario, di ordinar' all'Appaltatore l'opportuno aumento di detto macchinario e l'Appaltatore vi deve adempiere senza che abbia perciò titolo ad avanzare richiesta di compensi o indennizzi e fermo restando la penalità di cui si fosse reso passibile per ritardi già maturatisi. Le Ferrovie si riservano di effettuare controlli saltuari al macchinario impiegato dall'Appaltatore per accertarne l'idoneo funzionamento ai fini di una efficace rinealzatura delle traverse; qualora dovessero riscontrare deficienze potranno ordinare la sostituzione immediata.

L'Appaltatore dovrà provvedere in ogni caso a propria cura e spese, essendosi di detto onere tenuto conto nello stabilire i prezzi della tariffa inserita nei contratti, non solo alla manutenzione, lubrificazione e riparazione dei propri meccanismi, ma anche alla sostituzione di tutti quei pezzi che si rendessero inservibili per qualsiasi causa durante la gestione dell'appalto ed a tutto quanto occorra per il funzionamento dei meccanismi stessi.

Per l'azionamento di gruppi elettrogeni l'Appaltatore dovrà procurarsi, a propria cura e spese, i lubrificanti ed il carburante o combustibili necessari.

Per il macchinario ad azionamento elettrico l'Appaltatore potrà prelevare l'energia elettrica occorrente per il loro funzionamento, dalla linea elettrica di contatto a mezzo di apposito e regolamentare fioretto di presa corrente. Per il consumo di tale energia verrà fatta all'Appaltatore la detrazione fissata dal contratto e riferita a metro lineare di binario in cui il macchinario ha trovato impiego.

Resta inteso che nessuna richiesta di compenso o indennizzo potrà essere avanzata dall'Appaltatore, se nelle ore di funzionamento del macchinario si dovessero verificare variazioni di tensione nella linea elettrica di contatto.

L'Appaltatore è obbligato ad osservare le norme di sicurezza che al riguardo verranno prescritte dalle Ferrovie all'atto della consegna dei lavori (1).

I trasporti del macchinario e relativi accessori e delle attrezzature di ogni genere di proprietà dell'Appaltatore, sia per dare inizio ai lavori, sia per gli spostamenti da un punto all'altro della zona di appalto in corso di lavoro, come anche per l'allontanamento a lavori ultimati, sono ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

Qualora le Ferrovie, a richiesta dell'Appaltatore, gli concedessero, a noleggio per la parte riguardante l'esecuzione meccanica dei lavori, gruppi in piena efficienza, provvisti delle relative macchine operatrici, degli accessori e degli attrezzi speciali strettamente indispensabili al funzionamento di ogni singolo gruppo, tali gruppi saranno consegnati all'Appaltatore nella stazione più prossima ai cantieri di lavoro, come verrà stabilito dalla Dirigenza. Qualsiasi ulteriore spostamento di detti mezzi sarà a carico dell'Appaltatore.

All'atto della consegna all'Appaltatore del suindicato macchinario e relativi accessori, verrà redatto apposito verbale nel quale se ne farà risultare lo stato di consistenza con l'elencazione dei vari materiali in dotazione di ogni singolo gruppo.
L'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese alla custodia nelle 24 ore e per tutta la durata del lavoro, dei gruppi con le relative macchine operatrici, accessori ed attrezzi presi in noleggio e dei quali è il solo responsabile fino alla riconsegna di essi alle Ferrovie; come pure dovrà provvedere a sua cura e spese alla manutenzione, riparazione e sostituzione di quei pezzi dei macchinari stessi che si rendessero inservibili per qualsiasi causa durante la gestione dell'appalto.
Inoltre l'Appaltatore dovrà provvedere alla lubrificazione del macchinario noleggiato usando tipi di olii e di grassi che gli verranno prescritti dalla Dirigenza.
L'Appaltatore dovrà adibire, in ciascun cantiere, all'accudienza del macchinario cedutogli in noleggio, un operaio elettromeccanico, capace e diligente, il cui nome dovrà essere tempestivamente segnalato alla Dirigenza, che si riserverà la facoltà di eseguire sulla sua capacità tecnica quegli accertamenti che riterrà opportuni, come anche di vigilare, a mezzo dei propri agenti durante il corso dei lavori, l'opera da lui prestata ed ove questa non fosse ritenuta soddisfacente, l'Appaltatore dovrà provvedere alla sua immediata sostituzione con altro operaio ritenuto idoneo dalle Ferrovie.
Qualora si verifichi la necessità di fare eseguire i lavori di riparazione al macchinario o di acquistare accessori dall'industria privata, ciò dovrà effettuarsi a mezzo Ditte benevise dalle Ferrovie. I pezzi e le parti di ricambio da sostituire dovranno essere identici per tipo e qualità a quelli originariamente consegnatigli.
Ultimati i lavori verrà redatto un verbale dal quale si farà risultare lo stato di conservazione del macchinario ed accessori riconsegnati dall'Appaltatore e le eventuali riparazioni e sostituzioni dei pezzi ad esso occorrenti.
Poiché il macchinario verrà noleggiato all'Appaltatore in stato di perfetto funzionamento con accessori, che per il loro stato d'uso debbono ritenersi come nuovi, rimane stabilito che qualora l'Appaltatore non riconsegnasse alle Ferrovie il suddetto macchinario e relativi accessori nello stato di conservazione in cui gli vennero noleggiati, l'Appaltatore stesso s'impegna a provvedere alle necessarie riparazioni del macchinario e sostituzioni di quelle parti ed accessori che, per lo stato di consumo, non potessero più considerarsi accettabili salvo quanto possa risultare giustificato dall'uso.
Qualora l'Appaltatore non provvedesse a tali riparazioni e sostituzioni entro il termine di trenta giorni, vi provvederanno direttamente le Ferrovie, ed il relativo importo, comprese le spese di trasporto nelle officine di riparazione, aumentato del 10% per spese generali di amministrazione, verrà addebitato all'Appaltatore.
Il noleggio del macchinario viene accordato dalle Ferrovie dietro pagamento del canone mensile per ciascun gruppo noleggiato, determinato dal contratto di appalto e in mancanza, fissato dalle Ferrovie a loro insindacabile giudizio. Per noleggi di durata inferiore a trenta giorni la quota sarà pari a tanti trentesimi quante sono le giornate di noleggio fruite.
Gli addebiti per tale titolo saranno applicati direttamente sulle situazioni provvisorie.
Il deposito cauzionale, a garanzia del valore del macchinario noleggiato dall'Appaltatore, sarà determinato dal contratto di appalto e, in mancanza, sarà fissato dalle Ferrovie a loro insindacabile giudizio, e dovrà essere prestato dall'Appaltatore in tempo utile prima della necessità dell'impiego. Il deposito stesso resterà vincolato fino alla restituzione del macchinario noleggiato e alla

definizione di tutte le pratiche amministrative relative alla restituzione stessa come è indicato più innanzi.
Nel caso venissero causati guasti e danni per colpa dell'Appaltatore, dei suoi agenti ed operai, alle attrezzature ed impianti elettrici di pertinenza delle Ferrovie, queste provvederanno senz'altro direttamente a tutte le occorrenti riparazioni, sostituzioni di pezzi ecc., ed il relativo importo aumentato del dieci per cento per spese generali di amministrazione, verrà addebitato all'Appaltatore direttamente sulla situazione provvisoria ferma restando l'applicazione della penalità stabilita dall'art. 19 del Capitolato per l'esecuzione di lavori e forniture per conto dell'Amministrazione delle Ferrovie dello Stato, per ogni irregolarità causata comunque alla circolazione treni.

ART. 15

## OBBLIGHI ED ONERI DELL'APPALTATORE

I prezzi della tariffa contrattuale comprendono e compensano tutte le spese necessarie per le provvidenze atte ad assicurare l'incolumità degli agenti ferroviari, degli operai e dei terzi, nonché della proprietà ferroviaria e sue attinenze, comprese le attrezzature elettriche dalle quali venga presa la corrente di cui al precedente art. 14.
Comprendono e compensano altresì:

- l'illuminazione e Ia vigilanza continua e sistematica a mezzo di apposito personale per le 24 ore, dei cantieri, nonché dei materiali, e di qualsiasi mezzo affidati all'Appaltatore dalle Ferrovie, restando comunque egli responsabile fino al loro impiego od alla riconsegna;
- le spese di manutenzione o riparazione del proprio macchinario o di quello ceduto in uso dalle Ferrovie, come specificato all'art. 14, nonché la pulizia del cantiere a fine lavoro:
- tutte le soggezioni abituali nei lavori d'armamento, qualunque sia la stagione durante la quale essi verranno eseguiti e qualsiasi onere connesso alla presenza dell'esercizio ferroviario e comunque attinente alle necessità;

a) di condurre i cantieri in modo da permettere sempre il passaggio dei treni in corrispondenza della zona di lavoro e di garantire in ogni tempo la regolarità e la sicurezza della circolazione dei treni stessi, tenendo anche presente l'esistenza delle connessioni e delle attrezzature elettriche;
b) di assoggettarsi alle perdite di tempo derivanti dal passaggio dei treni ordinari e straordinari e dai ritardi nella loro marcia c da qualsiasi altra causa, non escluse le modificazioni degli orari e l'aumento del numero dei treni;
c) di sopportare il disagio che può derivare dall'esistenza di ponti metallici, dalla larghezza ridotta esistente in certi punti della linea fra il binario e i cigli delle scarpate, dall'esistenza di cunette murate o non, di opere d'arte, muri sostegno, fabbricati, marciapiedi di stazione, trasmissioni rigide e flessibili, apparati centrali di manovra, del blocco automatico, e di qualsiasi altro apparecchio della linea, delle palificazioni, e dalle necessità di sostituire, o comunque modificare, in conseguenza dei lavori, gli apparecchi od impianti;
d) di provvedere, anche nei giorni piovosi, allo scarico in linea dei treni materiali già programmati e che non sia stato possibile disdire tempestivamente. Qualora l'Appaltatore non vi provvedesse gli verranno addebitate le spese relative alla mancata utilizzazione del treno materiale ovvero quelle che le Ferrovie avessero incontrato per provvedervi d'ufficio;

e) di sopportare il disagio che può cerivare dalla irregolarità dell'arrivo dei treni materiali o dalla sospensione di uno o più di tali treni;
f) fdi evitare nel modo più assoluto che le materie (li risulta da scavi o rimozioni o sistemazione qualsiasi, vengano depositate, neppure temporaneamente, sulle scarpate dei tratti di linea in trincea.

L'Appaltatore non avrà titolo ad indennità o compensi, comunque abbiano ad essere influenzati i lavori dai vincoli e dalle soggezioni sopra richiamate.
Le Ferrovie, per conto, non assumeranno responsabilità alcuna per danni che potessero derivare all'Appaltatore dall'esercizio ferroviario, né corrisponderanno alcun compenso od indennità per la mancata tempestiva fornitura di materiali e pietrisco occorrenti per l'esecuzione del lavoro, o per ritardata prestazione di carri ferroviari o di treni materiali, restando stabilito che l'Appaltatore medesimo ha tenuto conto nella contrattazione dell'appalto delle condizioni avverse sopra riportate, connesse con i lavori assunti.
Nel caso però di interruzioni del lavoro, causate da eccezionali esigenze dell'esercizio ferroviario, oppure da ritardate ordinazioni o forniture dovute a sospensioni ordinate dalla Dirigenza o comunque causate dalle Ferrovie e non imputabili all'Appaltatore, questi potrà chiedere che gli sia prorogato il termine di esecuzione dei lavori di altrettanti giorni quanti, ad esclusivo giudizio della Dirigenza, possano corrispondere al ritardo verificatosi per tali cause e circostanze.
Durante tutto il corso dei lavori, e quindi anche nei periodi di sospensione ordinati dalla Dirigenza, l'Appaltatore è obbligato a mantenere reperibile nelle adiacenze della zona di appalto un congruo numero di operai, onde eliminare al più presto difetti di livello o di allineamento che possano menomamente compromettere la regolarità della marcia dei treni.

ART. 16

## PRESCRIZIONI E CAUTELE NEL MANEGGIO E NELLA LAVORAZIONE DEI MATERIALI – ATTREZZI – CARRELLI

Tutti i materiali dovranno essere maneggiati dal personale dell'Appaltatore con le dovute precauzioni, cosicché non abbiano a subire danni.
I materiali da impiegare e quelli ricavati dovranno essere depositati e custoditi in appositi recinti sotto l'esclusiva responsabilità dell'Appaltatore. In corso di lavoro, durante la giornata potranno essere depositati nelle adiacenze della linea, in modo però che non siano di ostacolo al personale ferroviario
ed alla circolazione dei treni, come pure dovrà essere mantenuta la viabilità fra i marciapiedi delle stazioni per le carrette dei bagagli ed in ogni caso l'Appaltatore dovrà attenersi strettamente a tutte le disposizioni che verranno impartite in proposito dalla Dirigenza.
Nelle stazioni, sui margini dei marciapiedi dovrà essere lasciata libera da qualsiasi ostacolo una zona di larghezza sufficiente per permettere ai viaggiatori di prendere posto sui treni delimitando le zone che indispensabilmente dovessero rimanere ingombre, in modo da evitare inciampi al percorso dei viaggiatori stessi e del personale ferroviario.
La distribuzione dei materiali d'armamento occorrenti per il lavoro ed il ritiro di quelli di risulta dovranno essere fatti nella medesima giornata lavorativa, in modo che alla sera di ogni giornata non rimangano materiali di sorta lungo la linea all'infuori che nei siti di deposito.

Non potendo soddisfare per qualsiasi motivo a tale obbligo, l'Appaltatore dovrà provvedere alla custodia continua dei materiali stessi a mezzo di apposito personale, per tutto il periodo intercedente fra il termine e la successiva ripresa del lavoro.
Nei tratti di linea a trazione elettrica col sistema dei conduttore aereo, l'Appaltatore dovrà esigere dal dipendente personale anche la piena e completa osservanza delle vigenti disposizioni, per evitare tanto disgrazie alle persone, quanto interruzioni alla regolare circolazione dei treni allontanando dal lavoro coloro che non osserveranno le disposizioni stesse.
Il personale dipendente dall'Appaltatore dovrà in special modo astenersi dal toccare, sia direttamente che indirettamente, con qualsiasi mezzo, i fili di sospensione, di contatto, e relativi insolatori ed accessori. Tali contatti sarebbero sicuramente causa di morte.
Nessun lavoro che implichi rettifiche di allineamento e di livello trasversale del binario, dovrà essere eseguito senza averne dato preventiva comunicazione al personale ferroviario tecnico competente e senza il suo intervento.
Per il ripristino delle continuità elettriche del binario, e per quei lavori di armamento che richiedono il distacco delle connessioni elettriche ed il ricambio delle ganasce nelle giunzioni delle rotaie dovrà essere sempre richiesto l'intervento del personale tecnico competente.
vietato far scorrere e spostare le traverse in qualsiasi senso, conficcando in esse la punta del piccone. Ci si dovrà invece servire delle leve di ferro, quando non sia possibile far scorrere le traverse stesse a mano. Per ogni infrazione l'Appaltatore sarà soggetto ad una penalità nella misura fissata dal contratto di appalto.
Lo spianamento della superficie di appoggio delle piastre e le nuove intagliature sulle traverse dovranno essere fatti con l'ascia essendo proibito per tali operazioni l'uso della sega.
La foratura dei legnami dovrà essere fatta in modo da attraversare i medesimi da parte a parte, mediante verrine ad elica, il cui diametro verrà stabilito dalla Dirigenza a seconda della essenza dei legnami stessi.
In nessun caso c per nessun motivo si lasceranno cadere le rotaie sia pure da piccole altezze, dovendo invece queste essere adagiate a terra lentamente.
Le caviglie a vite mordente quando venissero avvitate a mano mediante le ordinarie chiavi a T, debbono essere serrate senza aggiungere alcun allungamento al braccio di leva e senza prolungare eccessivamente l'avvitamento per non danneggiare le fibre del legno.
I dadi delle chiavarde dovranno stringersi moderatamente con le chiavi normali per dadi, senza allungamento del braccio di leva.
Gli attrezzi, gli utensili, i calibri occorrenti per l'esecuzione dei lavori, da fornirsi dall'Appaltatore, dovranno essere di tipo accetto alle Ferrovie e negli impianti dotati di circuiti elettrici sui binari occorrerà provvedere che gli attrezzi usati risultino perfettamente isolati nelle parti a contatto con le rotaie dello stesso binario. L'Appaltatore medesimo dovrà in •gni tempo, dietro richiesta, dimostrare di essere sufficientemente provvisto di tutti i mezzi suddetti nonché di termometri di rotaia.
Per mantenere il gioco voluto nelle giunzioni delle rotaie, verranno adoperate piastrine di spessore, di proprietà dell'Appaltatore, verificate preventivamente dagli agenti delle Ferrovie.
Per il trasporto dei materiali occorrenti per il lavoro e di quelli ricavati sarà concesso gratuitamente l'uso del carrello d'armamento o di carrelli a due elementi con i relativi accessori e la scorta di un cantoniere, mentre l'Appaltatore, provvederà a sua cura e spese al carico e scarico dei materiali ed al personale sufficiente, secondo il giudizio delle Ferrovie, per la spinta dei carrelli stessi, spinta che potrà essere fatta anche a mezzo di carrelli a motore di proprietà dell'Appaltatore purché ricono-

sciuti dalla Dirigenza idonei a circolare sui binari cd il cui uso sarà subordinato alle esigenze dell'esercizio ferroviario.
Qualora le Ferrovie, a richiesta dell'Appaltatore, concedessero in noleggio il carrello a motore per la spinta di carrelli d'armamento o altri usi, resta fermo che all'Appaltatore, oltre a gravare il relativo canone di noleggio previsto in contratto, graverà anche la spesa relativa dei carburanti, lubrificanti, eventuali pezzi di ricambio e del proprio personale addetto al funzionamento e circolazione del carrello stesso.

ART. 17

## MODALITA RELATIVE. ALLO SVOLGIMENTO DEI LAVORI

Tutti i lavori formanti oggetto del contratto di appalto dovranno essere eseguiti a buona regola d'arte ed in conformità alle prescrizioni che, per la sicurezza e la regolarità dell'esercizio ferroviario, verranno date dagli agenti delle Ferrovie preposti alla Dirigenza e sorveglianza dei lavori.

Per quanto riguarda l'assodamento degli appoggi, sia se fatto con rincalzatura meccanica che a mano, si prescrive, che le traverse debbano risultare efficacemente assodate con un compatto nucleo di pietrisco per tutta la loro larghezza e per una lunghezza di centimetri quaranta per parte rispetto all'asse di ciascuna rotaia.

La lunghezza delle serraglie definitive non dovrà essere inferiore a metri tre; quando ciò non risulti possibile, si formeranno due serraglie consecutive, nessuna delle quali risulti minore di metri 3.

Sarà stabilito d'accordo con la Dirigenza la estesa di binario per cui potrà cominciare il giorno avanti la preventiva scoperta deI binario, sempre però disponendo le cose in modo da non compromettere per nessun motivo la sicurezza e la regolarità della circolazione dei treni e da esser certi che il tratto di binario rincalzato ogni giorno, sia regolarizzato per l'allineamento e livello e sia ricoperto nel giorno medesimo, uniformandosi a tutte le indicazioni ed istruzioni che verranno date dagli agenti delle Ferrovie.

Non ottemperando l'Appaltatore alle disposizioni di cui sopra, sarà in facoltà della Dirigenza dei lavori di limitare la lunghezza dei cantieri di lavoro senza che ciò possa costituire titolo per richieste da parte dell'Appaltatore di compensi, né di prolungamenti del termine di tempo stabilito per l'ultimazione dei lavori.

I lavori di revisione generale e di livellamento sistematico di cui agli artt. 1 e 2, che debbono effettuarsi con mezzi meccanici, potranno essere eseguiti a mano in casi eccezionali e soltanto per brevi periodi, per guasto ai macchinari, purché autorizzati dalla Dirigenza.

In tale caso saranno corrisposti all'Appaltatore i prezzi delle corrispondenti voci della tariffa contrattuale con la riduzione del quindici per cento.

I lavori stessi saranno eseguiti anche a mano in quelle gallerie naturali od artificiali ovvero viadotti, ove le circostanze locali non consentano il ricovero del macchinario elettromeccanico, ma in tali casi senza l'applicazione dell'anzidetta ritenuta del quindici per cento.

Per l'esecuzione dei lavori di cui è oggetto il contratto di appalto, ad eccezione dei risanamenti, non verranno istituite dalle Ferrovie /imitazioni di velocità ai treni. A proprio giudizio insindacabile la Dirigenza stabilirà i casi speciali per cui la limitazione di velocità si renda indispensabile per la sicurezza dell'esercizio fissandone la relativa durata con l'obbligo per l'Appaltatore di adempiervi.

Per le dette limitazioni di velocità nessuna detrazione verrà fatta all'Appaltatore né alcuna riduzione verrà apportata ai prezzi della tariffa contrattuale.

Nell'eseguire i lavori di manutenzione dell'armamento o di risanamento della massicciata l'Appaltatore dovrà tenere presente che esistono linee o tratte di linee, esercitate col sistema del blocco automatico, sulle quali i circuiti di binario non sono situati soltanto in corrispondenza a zone singolari, come le stazioni ed i posti di blocco intermedi, ma si estendono invece per l'intera lunghezza dei binari da una stazione all'altra.

Detti circuiti di binario sono divisi, in tale ultimo caso, in zone tra loro separate da giunti isolati. Pertanto occorre:

a) evitare che corpi metallici tocchino contemporaneamente le due file di rotaie dello stesso binario, e ciò, per tutta l'estesa della linea:
b) evitare in corrispondenza di detti giunti isolati, che corpi metallici tocchino contemporaneamente le due rotaie attestate di una stessa fila, ovvero che queste vengano a contatto diretto tra loro.

Al fine anzidetto l'Appaltatore dovrà tra l'altro impiegare mezzi su rotaia aventi gli assi isolati.
Inoltre sempre sulle tratte di binario di blocco automatico, le connessioni tra le rotaie che servono per il circuito di ritorno della trazione elettrica hanno anche generalmente la funzione di connessione di circuito per il blocco automatico e quindi non devono per alcun motivo essere interrotte. Pertanto occorre evitare che i bordini esterni delle ruote di macchine e attrezzi motorizzati abbiano a provocare durante il loro scorrimento sulle rotaie, il distacco delle connessioni di circuito di cui trattisi.
Esistono altresì, pure nelle suddette tratte, in corrispondenza dei giunti isolati, speciali dispositivi detti « connessioni induttive », contenuti in apposite casse in ghisa poste in prossimità delle rotaie, le quali sono allacciate alle rotaie stesse mediante trecce di rame, o di ferro, di cui occorre assolutamente evitare l'interruzione o il contatto contemporaneo con corpi metallici ovvero quello diretto tra Loro.
Molte altre linee della rete sono esercitate invece col sistema del blocco manuale. Su di esse i circuiti di binario e relativi dispositivi esistono soltanto in corrispondenza dei singoli posti di blocco.
Nelle stazioni munite di apparati centrali elettrici o elettroidrodinamici o di tipo analogo esistono sui binari di corsa e su numerosi altri binari, oltre che sui deviatoi, circuiti di binario estesi per tutta la lunghezza delle stazioni. Occorre quindi adottare cautele analoghe a quelle indicate sopra per gli impianti di blocco automatico, e cioè evitare che corpi metallici tocchino contemporaneamente le due file di rotaie di uno stesso binario o le rotaie attestate in corrispondenza dei giunti isolati, ovvero che queste ultime vengano a contatto diretto tra loro. Occorre anche evitare interruzioni delle connessioni longitudinali e trasversali tra le rotaie e delle connessioni tra queste e le cassette contenenti i trasformatori di alimentazione e ricezione dei circuiti stessi, nonché contatti contemporanei di corpi metallici con le connessioni medesime, o contatti diretti di queste tra loro.
Nelle linee esercitate a trazione elettrica munite di blocco automatico nelle quali si impiegano compressori e altri mezzi elettromeccanici alimentati dalla linea di contatto, l'applicazione della staffa alla rotaia per il collegamento di terra dei mezzi stessi potrà essere fatta in piena linea su una qualunque delle due file di rotaie di ciascun binario (ad eccezione di pochi tratti singolari di limitata lunghezza, detti di ricoprimento, in corrispondenza ai quali vi è una fila di rotaie isolate su cui il collegamento deve essere evitato).
Invece nelle linee esercitate a trazione elettrica munite di blocco manuale e nelle stazioni pure esercitate a trazione elettrica munite di impianti di apparati centrali elettrici o elettroidrodinamici o comunque provviste di circuiti di binario, la detta applicazione potrà farsi soltanto sulle rotaie non isolate.
La fila di rotaie non isolate è individuata dal fatto che all'estremo di essa presso il giunto isolato, si trova una treccia metallica di collegamento tra la fila stessa e quella opposta successiva (collegamento a Z).

ART. 18

## DETRAZIONI ADDEBITI – INDENNIZZI E TOLLERANZE

L'Appaltatore è responsabile dei danni prodotti, siano essi arrecati al corpo stradale, alla picchettazione delle curve, ai manufatti, ai viaggiatori, alle merci, al materiale dei treni, come agli oggetti tutti di pertinenza delle Ferrovie, alle quali Ferrovie dovrà rifondere, verso semplice presentazione di lista, i danni e le spese per riparazioni o sostituzioni dei manufatti, impianti, cose ed oggetti eventualmente danneggiati.

Viene sin d'ora stabilito che per ogni picchetto rotto o reso inservibile per colpa dell'Appaltatore gli verrà detratta la somma indicata nel contratto di appalto.

Per i materiali nuovi consegnati all'Appaltatore e per quelli di ricavo sono ammesse le seguenti tolleranze percentuali:

a) per caviglie, arpioni elastici e chiavarde nuove eventualmente perse e rotte, 1% (uno per cento);
b) per chiavarde di ricavo eventualmente perse e rotte, 5% (cinque per cento);
e) per caviglie e arpioni elastici di ricavo eventualmente persi e rotti 2% (due per cento).

Non viene ammessa alcuna tolleranza per rottura o perdita di piastre, ganasce e piastrine sia nuove che di ricavo, nonché perdita di traverse e traversoni.

Le piastre, ganasce e piastrine di ricavo, riscontrate trinate o rotte per eccessivo logorio od uso, dovranno essere riconsegnate almeno nei pezzi di dimensione maggiore.

Il quantitativo dei materiali nuovi perduti e rotti in eccedenza alle percentuali di tolleranza ammesse, sarà addebitato all'Appaltatore valutandolo ai prezzi praticati dalle Ferrovie alla data della loro consegna all'Appaltatore per materiali nuovi da cedersi a terzi, al netto delle spese generali di amministrazione.

Il quantitativo dei materiali di ricavo perduti e rotti in eccedenza alle percentuali di tolleranza ammesse, sarà addebitato all'Appaltatore valutandolo ai prezzi di cessione a terzi, all'epoca della riconsegna per materiali usati servibili, al netto delle spese generali di amministrazione.

Il quantitativo dei materiali di ricavo riconsegnati rotti ad eccezione delle piastre, delle ganasce e delle piastrine, sarà accreditato all'Appaltatore valutandolo ai prezzi di vendita a terzi, all'epoca della riconsegna, per materiali fuori uso, al netto delle spese generali di amministrazione.

Le detrazioni, non soggette a ribasso contrattuale né a maggiorazione di alcun genere, saranno computate a decurtazione sull'importo derivante dall'applicazione dei prezzi di tariffa, al netto del ribasso, alle quantità dei lavori eseguiti, e direttamente nelle situazioni attive dei lavori.

Gli eventuali addebiti, aumentati del dieci per cento per spese generali e dell'imposta generale sull'entrata, nonché le multe e le penalità da farsi all'Appaltatore, saranno riportate nell'elenco di addebito R. 66 e applicate in deduzione sull'ammontare delle situazioni attive provvisorie o finale

ART. 23

## INTERFERENZE NEI LAVORI

Tutti i prezzi e le condizioni fissati per la valutazione dei lavori, nonché il termine fissato per l'ultimazione dei lavori, si intendono accettati dall'Appaltatore tenuto conto delle soggezioni che all'esecuzione dei lavori compresi nel contratto di appalto, conseguiranno dalla coesistenza di altri cantieri e dalla contemporanea esecuzione nello stesso ambito di altre opere o lavori di manutenzione similari affidati ad altre Imprese.
L'Appaltatore dichiara quindi di non aver ragione di pretendere sovrapprezzi od indennità speciali di nessun genere, e si obbliga anzi formalmente a svolgere i lavori con la successione che verrà prescritta dalla Dirigenza nell'intento di ottenere che tutti i lavori oggetto deI contratto di appalto o degli altri appalti possano svolgersi con continuità e senza reciproci incagli.

ART. 24

## DIVIETI

È fatto divieto all'Appaltatore di fare e di autorizzare che da terzi vengano fatte pubblicazioni sulle opere che l'Appaltatore medesimo deve eseguire o avrà compiute in base al contratto di appalto.
È pure fatto divieto di pubblicare o di fare pubblicare da terzi disegni di tipi, schemi, profili o planimetrie che appartengono alle Ferrovie, senza prima avere ottenuto il benestare scritto delle Ferrovie stesse, nonché di comunicare o mostrare a terzi disegni e tipi delle Ferrovie, tranne che per necessità derivanti dall'esecuzione dei lavori assunti col contratto di appalto.

# 8. PARTE II: DEFINIZIONE TECNICA OPERE CIVILI

Questo Capitolato stabilisce le normative e gli standards da osservare, le prescrizioni generali e particolari che dovranno essere attese, i requisiti tecnici minimi richiesti, le specifiche e le modalità d'impiego dei materiali da utilizzare.

Le disposizioni e le norme tecniche di questo Capitolato sono impegnative per l'APPALTATORE, ma non limitative.

Pertanto è chiaramente inteso che è obbligo dell'APPALTATORE eseguire e ultimare compiutamente il suo Scopo del Lavoro completo in ogni sua parte, in conformità a tutti gli elaborati di progetto.

Tutti i lavori dovranno essere eseguiti in conformità alle leggi e alle Norme e regolamenti vigenti in Italia, come applicabili, salvo il caso in cui questo Capitolato preveda requisiti tecnici o standards qualitativi più elevati di quelli **minimi** previsti dalle normative tecniche in materia.

## 8.1.1. Qualità, provenienza e impiego dei materiali

I materiali (intesi come materiali, prodotti, composti, forniture, componenti, ecc.) devono corrispondere alle prescrizioni del presente Capitolato Speciale e degli elaborati di progetto ed essere della migliore qualità: possono essere messi in opera solamente dopo l'accettazione del Direttore Lavori.

### 8.1.1.1. Accettazione dei materiali

I materiali da impiegare nei lavori dovranno essere:

a) prequalificati: corredandoli di tutti i certificati di prove sperimentali o di dichiarazioni a cura del Produttore necessari ad attestare, prima dell'impiego, la loro conformità in termini di caratteristiche meccanico-fisico-chimiche alle prescrizioni del presente Capitolato Speciale;

b) identificati: riportando le loro caratteristiche nel Documento di Trasporto con cui il materiale viene consegnato in cantiere o a piè d'opera. L'APPALTATORE dovrà consegnare alla DIREZIONE LAVORI una copia del DdT (Documento di Trasporto) e dell'eventuale documentazione allegata;

c) certificati: mediante la documentazione di attestazione rilasciata da un Ente terzo indipendente (Marcatura CE) ovvero, ove previsto, autocertificati dal Produttore. L'APPALTATORE dovrà consegnare alla DIREZIONE LAVORI una copia dei certificati;

d) accettati: dal Direttore Lavori medianti controllo delle certificazioni cui ai punti precedenti e mediante prove sperimentali di accettazione;

e) ulteriormente verificati: nel caso in cui il Direttore Lavori ravvisi difformità nella fornitura dei materiali, nelle lavorazioni o nell'opera ultimata rispetto a quanto richiesto dal presente Capitolato Speciale.

Tutti gli oneri per prelievi, prove di laboratorio e certificati relativi ai punti a), b), c), d) ed e) rimangono ad esclusivo carico dell'APPALTATORE.

Nel caso il materiale risulti non conforme agli standard ed ai controlli previsti ai punti a), b), c) o d), lo stesso non sarà ritenuto idoneo all'impiego e dovrà essere immediatamente allontanato dal cantiere, sostituendolo con altra fornitura che corrisponda alle caratteristiche volute.

Le opere già costruite utilizzando materiale non conforme dovranno essere demolite a totale cura e spese dell'APPALTATORE.

Nonostante l'accettazione dei materiali da parte della DIREZIONE LAVORI, l'APPALTATORE resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

### 8.1.2. Conformità e Non Conformità al Capitolato Speciale

Il presente Capitolato Speciale determina le caratteristiche dei materiali e le modalità esecutive ritenute idonee per eseguire le lavorazioni in modo conforme alle aspettative di qualità della Committente.

Il Personale della DIREZIONE LAVORI è preposto a rilevare, utilizzando eventualmente un apposito modulo di "Non Conformità", gli scostamenti riscontrati nei materiali utilizzati, nelle forniture, nelle caratteristiche di una parte dell'opera o nelle sue modalità esecutive, rispetto alle prescrizioni del Progetto e del Capitolato Speciale.

Le lavorazioni oggetto di procedura di "Non Conformità" non verranno contabilizzate fino a quando il Direttore dei Lavori dichiarerà la chiusura della procedura, attestando l'intervenuta risoluzione della non conformità.

Le "Non Conformità" che non troveranno risoluzione causeranno la demolizione dell'opera non conforme.

### 8.1.3. Impiego dei materiali

L'APPALTATORE che nel proprio interesse o di sua iniziativa abbia impiegato materiali o componenti di caratteristiche superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali, o eseguito una lavorazione più accurata, non ha diritto ad aumento dei prezzi e la contabilità è redatta come se i materiali avessero le caratteristiche stabilite.

Pertanto nel caso di impiego, in sede di esecuzione, di lavorazioni o di quantità maggiori rispetto a quelle previste in sede progettuale, il prezzo globale dovuto resta fisso ed invariabile e l'APPALTATORE è gravato di tutti i maggiori costi ed oneri che ne dovessero derivare. Il prezzo globale dovuto resta fisso ed invariabile anche nel caso in cui vengano impiegate, in quanto necessarie, lavorazioni che sono previste nel solo computo metrico ma non figurano negli elaborati progettuali, ovvero siano presenti negli elaborati progettuali ma non sono previste nel computo metrico. Nel caso di impiego, in sede di esecuzione, di minori lavorazioni rispetto a quelle previste in sede progettuale, siano esse previste sia nel computo metrico che negli elaborati progettuali ovvero solamente nel computo metrico, l'Amministrazione si riserva di approntare una variante in diminuzione a stralcio di quanto non necessario.

### 8.1.4. Provvista dei materiali

L'APPALTATORE deve rifornirsi dei materiali necessari alla realizzazione del lavoro con le caratteristiche prescritte dai documenti tecnici allegati al contratto.

Nel prezzo dei materiali sono compresi tutti gli oneri derivanti all'APPALTATORE dalla loro fornitura a piè d'opera (carico, trasporto e scarico), compresa ogni spesa per eventuali aperture di cave, estrazioni, trasporto da qualsiasi distanza e con qualsiasi mezzo, occupazioni temporanee, ripristino dei luoghi, indennizzi ed indennità a Terzi.

### 8.1.5. Difetti di costruzione

L'APPALTATORE deve demolire e rifare a sue spese le lavorazioni che il Direttore Lavori accerta eseguite senza la necessaria diligenza o con materiali diversi da quelli prescritti contrattualmente o che, anche dopo la loro accettazione e messa in opera, abbiano rivelato difetti o inadeguatezze.

Qualora il Direttore Lavori presuma che esistano difetti di costruzione, può ordinare che le necessarie verifiche siano disposte in contraddittorio con l'APPALTATORE che dovrà farsi carico di tutte le attività necessarie a consentire l'espletamento delle verifiche.

## 8.2. DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ E MARCATURA CE

I prodotti che riportano la marcatura CE – che ne attesta l'idoneità per un dato impiego previsto, secondo un insieme di prestazioni minime che si rifanno ai requisiti essenziali della Direttiva 89/106/CE e s.m.i - beneficiano di presunzione di rispondenza alle caratteristiche dichiarate.

### 8.2.1. Marcatura CE – Materiali

Tutti i materiali forniti dall'APPALTATORE da impiegare nei lavori dovranno presentare – ove previsto dalla Normativa italiana vigente alla data dell'offerta - la Marcatura CE, a garanzia della conformità del prodotto a tutte le direttive e norme ad esso applicabili.

Materiali non rispondenti a tale requisito, non saranno ritenuti idonei all'impiego e dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere, sostituendoli con altri che corrispondano alle caratteristiche volute.

L'utilizzo di un prodotto sprovvisto di Marcatura CE dovrà essere preventivamente autorizzato dal Direttore Lavori previa motivata richiesta scritta dell'APPALTATORE.

### 8.2.2. Marcatura CE - Macchinari

Tutti i macchinari, impianti, equipaggiamenti, dispositivi, strumenti e attrezzature da impiegare nei lavori dovranno presentare la Marcatura CE, a garanzia della conformità del prodotto a tutte le direttive e norme ad esso applicabili.

Macchinari sprovvisti della Marcatura CE o immessi sul mercato prima dell'entrata in vigore della Marcatura CE non saranno ritenuti idonei all'impiego e dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere, sostituendoli con altri che corrispondano alle caratteristiche volute.

L'utilizzo di un prodotto sprovvisto di Marcatura CE dovrà essere preventivamente autorizzato dal Direttore Lavori previa motivata richiesta scritta dell'APPALTATORE.

## 8.3. RESPONSABILITÀ

Fermo restando il diritto della Committente di provvedere, direttamente o attraverso organismi delegati, alla:

- verifica ed approvazione di documentazione progettuale, calcoli, relazioni, certificati, etc;
- effettuazione di prove e collaudi su materiali, manufatti ed opere realizzate.

L'APPALTATORE, solidalmente al progettista ed all'esecutore dei lavori, resterà totalmente responsabile relativamente a quanto, a titolo indicativo ma non limitativo, di seguito elencato:

- validità e completezza del progetto;
- esecuzione delle opere nel rispetto del progetto, delle regole d'arte e dei patti contrattuali;
- rispetto delle leggi e norme vigenti;
- danni, direttamente od indirettamente derivati dalle operazioni di realizzazione delle opere, causati alla Committente, agli organismi operanti per conto della stessa, a terzi, al proprio personale ed a quello dei suoi appaltatori e fornitori.

E' pertanto espressamente inteso ed accettato dall'APPALTATORE che le verifiche, le approvazioni, le prove ed i collaudi effettuati dalla Committente e dagli organismi da questa delegati, non solleveranno in alcun modo e ad alcun titolo le responsabilità dell'APPALTATORE.

## 8.4. CONTRADDIZIONI, PRIORITÀ, CHIARIMENTI

Nei casi in cui un argomento risulti trattato in più sezioni del capitolato, in caso di discordanza avrà prevalenza di norma la indicazione contenuta nella sezione specifica in relazione all'opera di cui trattasi.

Ogni ambiguità e/o contraddizione di altra natura che dovesse essere riscontrata tra i contenuti del presente Capitolato dovrà essere segnalata, in forma scritta, all'attenzione della DIREZIONE LAVORI per i chiarimenti e/o la risoluzione alla luce dell'atto contrattuale.

In caso di discordanza tra i vari elaborati di progetto vale la soluzione più aderente alle finalità per le quali il lavoro è stato progettato e comunque quella meglio rispondente ai criteri di ragionevolezza e buona tecnica esecutiva.

## 8.5. DEFINIZIONI

A completamento dei termini definiti nel contratto d'appalto di seguito si riporta il significato dei termini principali utilizzati nel presente Capitolato e nei documenti in esso richiamati.

- Committente:

Indica la Società che ha affidato all'APPALTATORE le attività per la realizzazione delle opere più dettagliatamente definite nel contratto e negli elaborati grafici allegati al contratto medesimo.

- Contratto:

Il rapporto contrattuale, intercorrente tra la Committente e l'APPALTATORE, e cioè il contratto d'appalto e i relativi allegati.

- Controllo Qualità (C.Q.)

L'insieme di tutte le prescrizioni ed attività che permettono di rilevare e misurare le caratteristiche di una parte dell'impianto, di un procedimento, di un servizio, verificandola a fronte di parametri e valori precedentemente specificati, che è necessario porre in essere per consentire il raggiungimento dei requisiti di qualità delle opere, richiesti dal progettista in accordo alle necessità della Committente e delle leggi applicabili.

- APPALTATORE

Il soggetto affidatario di tutte le prestazioni, forniture e lavori oggetto del contratto.

- Esecutore

La struttura operativa dell'APPALTATORE o del SubAPPALTATORE che esegue i lavori per conto e sotto la responsabilità dell'APPALTATORE.

- Piano Controllo Qualità (P.C.Q.):

Il documento che esplicita, per le differenti tipologie di lavorazioni, in forma organica ed eventualmente sequenziale, il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire, i responsabili degli stessi, le fasi vincolanti, il tutto al fine di raggiungere gli obiettivi fissati dal contratto.

- Prova:

Forma di verifica a cui è soggetta una parte d'opera per determinare la sua capacità a soddisfare prescrizioni e/o prestazioni specificate.

- Responsabile:

L'incaricato della gestione di una funzione o più di una unità operativa, responsabile verso la funzione gerarchicamente superiore dei risultati e della qualità delle attività a lui demandate.

Egli è anche responsabile della efficiente ed efficace gestione delle risorse a lui assegnate.

- Specifica di C.Q.:
- Documento che identifica le prescrizioni di C.Q. a cui debbono ottemperare le parti costituenti l'opera.

## 8.6. LEGGI E NORMATIVE

Tutti i lavori dovranno essere eseguiti in conformità alle leggi e disposizioni legislative in vigore.

Inoltre l'APPALTATORE dovrà rispettare le prescrizioni e adempiere agli obblighi delle normative riportate nelle singole sezioni del presente Capitolato.

In caso di discordanza tra diverse normative, vale l'interpretazione che offre le maggiori garanzie nei riguardi della funzionalità e idoneità dell'Opera, ed in ogni caso da concordare tra le parti.

# 9. RILIEVI E TRACCIAMENTI

## 9.1. GENERALITÀ

Prima di iniziare i lavori di sterro l'APPALTATORE è obbligato ad eseguire la picchettazione completa del lavoro, e nel caso in cui ai lavori in terra siano connesse opere murarie o in calcestruzzo, dovrà procedere al tracciamento di esse con l'obbligo della conservazione, in entrambi i casi, dei capisaldi di partenza.

Detti capisaldi dovranno essere correlati con la rete geodetica nazionale dell' I.G.M.I. e con quella utilizzata per la redazione della cartografia; tali capisaldi dovranno altresì coincidere (a meno delle necessarie integrazioni) con quelli utilizzati all'atto della campagna geognostica.

## 9.2. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

### 9.2.1. Vertici

I vertici dovranno essere realizzati con pilastrini di calcestruzzo, dovranno essere fissi ed avere ben visibile sulla parte superiore una borchia metallica con l'indicazione del numero del vertice o caposaldo e dell'Ente .

E' obbligo dell'APPALTATORE lo studio, il posizionamento e la realizzazione, partendo da punti di riferimento noti e ben visibili sul territorio, di un reticolo di vertici da utilizzare per i tracciamenti e/o per i controlli plano-altimetrici delle opere da eseguire; quanto sopra si intende applicabile a partire dalle attività connesse con la campagna dei rilievi celerimetrici di partenza.

Per ogni vertice deve essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee a permettere di rintracciarne la posizione. Detta monografia dovrà essere corredata da una schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul territorio.

E' obbligo dell'APPALTATORE il reperimento di tutti i dati di partenza per l'esecuzione dei reticoli dei vertici.

### 9.2.2. Strumentazione

Per tutti i lavori topografici di inquadramento e raffittimento dovranno essere utilizzati teodoliti accoppiati a distanziometri elettronici di precisione non inferiore a quanto indicato nelle parti del presente documento relative alle diverse attività topografiche. In alternativa è possibile usare le “total station” o strumentazioni GPS di ultima generazione che forniscano risultati comparabili alla strumentazione precedente. Per i rilievi altimetrici si dovranno utilizzare, come appresso specificato livelli di altissima precisione muniti di lamiera pian parallela o ottica elettronica con registrazione dei dati.

A parità di prestazioni, sono da preferire gli strumenti dotati di indice (o di compensatore) verticale automatico e di sistema di lettura diametrale al cerchio orizzontale. Qualora si intendano

eseguire i calcoli tramite procedure informatizzate, sono da preferire i sistemi automatici di registrazione dei dati quale sistema integrativo degli usuali quaderni di campagna ove riportare le letture effettuate.

L'altezza strumentale va determinata con particolare attenzione, dopo aver reso la superficie immediatamente sottostante lo strumento il più pianeggiante possibile.

La strumentazione deve essere verificata prima dell'inizio delle operazioni di tracciamento. La DIREZIONE LAVORI si riserva di chiedere all'APPALTATORE la presentazione dei certificati di taratura della strumentazione rilasciati da laboratori riconosciuti idonei dalle due parti e subito antecedenti l'inizio delle attività topografiche date in appalto.

## 9.3. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

a) Sarà cura dell'APPALTATORE provvedere a quanto necessario affinché tutte le Imprese operanti si avvalgano e facciano riferimento ad un'unica rete di capisaldi in tutte le fasi di realizzazione del progetto (indagini, ingegneria, costruzioni, controlli).

b) Sarà cura dell'APPALTATORE provvedere a quanto necessario ad evitare manomissioni del reticolo di capisaldi. Nel caso in cui, per esigenze di lavoro o in conseguenza di avvenimenti (anche non dipendenti dall'APPALTATORE) di qualsiasi natura, il reticolo (o singoli capisaldi) risultassero manomessi, sarà cura dell'APPALTATORE provvedere ai necessari ripristini.

c) Sarà cura dell'APPALTATORE provvedere alla installazione delle modine necessarie a definire con la massima precisione il profilo delle scarpate di scavi e rilevati.

a) Sarà cura dell'APPALTATORE, ove richiesto, mettere a disposizione della DIREZIONE LAVORI la documentazione, la strumentazione e il personale tecnico e ausiliario necessari per la effettuazione dei rilievi che la stessa ritenesse opportuni per eventuali controlli in fase di costruzione.

## 9.4. ESECUZIONE DELLE ATTIVITÀ TOPOGRAFICHE

### 9.4.1. Premesse

La presente sezione ha lo scopo di descrivere e standardizzare le fondamentali operazioni che si andranno a svolgere:

- poligonali di precisione
- poligonali secondarie
- livellazione di precisione
- livellazioni tecniche
- rilievi planoaltimetrici
- tracciati planoaltimetrici.

Resta inteso che particolari operazioni dettate dall'aspetto esecutivo delle varie opere, quali ad esempio conduzione delle frese con laser o distanziometri elettronici motorizzati intrecciati con

opportuni software, valutazione dei cedimenti delle centine ecc., seppur fondamentalmente legate alle tolleranze ed alle modalità operative delle operazioni di seguito descritte, andranno valutate di caso in caso e supportate con integrazioni al presente documento e redazione di relativo PCQ e certificato.

### 9.4.2. Campo di applicazione

Le operazioni topografiche su elencate sono rivolte essenzialmente all'esecuzione di rilievi planoaltimetrici ed al posizionamento di opere d'arte.

Nello svolgimento delle attività potranno essere presenti contemporaneamente più operazioni fra quelle indicate, scelte secondo le necessità operative, criteri di buona esecuzione ed espletate nel rispetto delle tolleranze di seguito descritte.

Le operazioni di rilievo e tracciamento saranno quindi supportate da livellazioni di precisione e/o tecniche e da poligonali di precisione e/o secondarie.

## 9.5. ELENCO DELLE ATTIVITÀ

### 9.5.1. Poligonali di precisione

9.5.1.1. Scelta dei vertici di partenza e controllo della conformità degli stessi

Si assumeranno come vertici di partenza quelli delle reti principali e di raffittimento o i nuovi punti trigonometrici posizionati in precedenza, tramite triangolazioni di precisione, verificando che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo e che siano conformi alle monografie.

Nell'eventualità che si sia verificato un danneggiamento o una rimozione, tale vertice verrà scartato riferendosi ad un altro oppure, si controllerà che il vertice venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un vertice di nuova creazione.

9.5.1.2. Posizionamento e materializzazione dei nuovi vertici

La materializzazione dei vertici della rete di raffittimento delle poligonali verrà realizzata mediante centrini metallici a testa sferica punzonata, realizzati in metallo (o lega metallica) anticorrosivo che porteranno incisi sulla base la scritta che sarà indicata dal Direttore dei Lavori, murati su manufatti in cls di opportuna stabilità (es. murette, fondazioni, pilastrini di nuova costruzione di dimensioni cm. 40x40 e profondità minima di cm. 80 fondati direttamente nel terreno) e protetti, ove necessiti, in pozzetti, con piastra metallica di chiusura ricavati nei manufatti in cls o murati su roccia affiorante. Potranno essere inoltre utilizzate mensole e piastre in acciaio per il centramento forzato debitamente fissate ai paramenti di galleria o ai manufatti in cls.

L'identificazione dei nuovi punti avverrà tramite targhette metalliche poste in corrispondenza degli stessi al paramento di galleria o nelle adiacenze per quelli esterni o tramite chiodi infissi nel cls o punzonatura del centrino.

Dette targhette dovranno riportare in maniera indelebile, il numero di identificazione del punto e, se in galleria, anche la progressiva.

9.5.1.3. Azimut di direzione e orientamento iniziale

Ove possibile, per il vertice iniziale e quello finale della poligonale verrà calcolato l'azimut di direzione ad almeno tre, e comunque non meno di due vertici della rete di raffittimento.

L'orientamento avverrà al vertice più lontano dal punto di stazione e si controllerà la veridicità dell'operazione attraverso l'orientamento ai vertici più vicini.

L'angolo di orientamento sarà rilevato effettuando almeno sei insiemi di letture angolari con il metodo delle direzioni isolate, differenziando se necessario l'orario delle osservazioni.

9.5.1.4. Scelta della strumentazione

Possono essere utilizzati teodoliti che consentano la lettura angolare non superiore ai due secondi centesimali, accoppiati a distanziometri elettronici di precisione non inferiore a ± mm. 3 + 2 pmm. In alternativa sarà possibile utilizzare total station con prestazioni analoghe.

Giornalmente si dovrà verificare che l'indice zenitale presenti un errore di posizione inferiore a 20 secondi centesimali e che le funzioni di correzione automatica per la curvatura terrestre, altitudine media e indice di rifrazione siano impostate correttamente. In zone con manifesti ed insormontabili ostacoli alla visibilità sarà possibile ricorrere all'uso di apparecchiature GPS.

9.5.1.5. Modalità di lettura strumentale e tolleranze

I lati della poligonale dovranno avere possibilmente lunghezza costante, compresa fra 300 e 1.000 m; la poligonale non potrà avere sviluppo complessivo superiore a 10 km e non più di 20 vertici di stazione.

Gli angoli azimutali e zenitali verranno determinati attraverso almeno sei strati di letture. Lo scarto massimo fra i valori angolari dei vari strati non dovrà essere superiore ai dodici secondi centesimali.

Le osservazioni che superino tali valori andranno ripetute.

Le tolleranze per l'esecuzione di poligonali o intersezioni multiple per la determinazione di nuovi punti trigonometrici atti all'inquadramento topografico delle stazioni per il tracciamento delle opere saranno le seguenti :

tolleranza angolare $\Delta\alpha = 0g\ .0012 \times \sqrt{n}$ dove n è il numero dei vertici;

tolleranza lineare $\Delta L = 0.009 \times \sqrt{\Sigma l}$ (km) + 0.003 n + 0.002 x $\sum l$ (km) dove $\sum l$ è la sommatoria della lunghezza dei lati ed n è il numero dei vertici.

La posizione altimetrica dei vertici della poligonale dovrà essere ottenuta mediante livellazione geometrica di precisione.

9.5.1.6. Registrazioni delle misure

Prima dell'inizio dei lavori verrà predisposto un adeguato numero di libretti di misura, che dovranno essere firmati e numerati dal responsabile della topografia numerando progressivamente le pagine ed i libretti stessi.

Sui libretti, riempiti senza pagine bianche, i dati dovranno essere riportati in maniera indelebile e senza cancellazioni invisibili.

Nel caso di registrazione con supporti magnetici o registratori dati la memorizzazione avverrà di norma per punti con record a lunghezza fissa contenenti i dati di campagna. In quest'ultimo caso i dati registrati andranno stampati a fine giornata di misure e dovrà essere predisposta una copia di sicurezza degli stessi su CD.

9.5.1.7. Compensazione ed elaborazione dati

I dati rilevati per il calcolo delle coordinate planimetriche dei punti di stazione saranno sottoposti a procedura analitica di compensazione e di calcolo.

9.5.1.8. Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi

Per la poligonale di precisione è necessario predisporre le monografie dei vertici che dovranno contenere:

- coordinate rettilinee
- schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti caratteristici stabili e facilmente individuabili sul terreno in galleria invece viene indicata la progressiva
- schizzo prospettico o fotografia
- quota del vertice
- data di materializzazione
- numerazione del vertice.

### 9.5.2. Poligonali secondarie

9.5.2.1. Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi

Si assumeranno come vertici di partenza i capisaldi delle reti GPS principale e di raffittimento o i nuovi punti trigonometrici posizionati in precedenza, con le procedure di cui al capitolo 2.5.1, verificando che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo e che siano conformi alle monografie o schizzi descrittivi. Nell'eventualità che si sia verificato un danneggiamento o una rimozione questo caposaldo verrà scartato riferendosi ad un altro oppure si controllerà che il caposaldo venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un caposaldo di nuova creazione.

9.5.2.2. Posizionamento e materializzazione dei nuovi capisaldi

La materializzazione dei vertici delle poligonali secondarie e delle stazioni di rilevamento e tracciamento avverrà mediante centrini a testa sferica punzonata realizzati in metallo (o lega metallica) anticorrosivo, con inciso alla base l'identificativo alfanumerico il numero di identificazione e murati su manufatti in cls di buona stabilità, picchetti in legno di dimensioni adeguate muniti di chiodo di stazione o tondini di ferro punzonati debitamente infissi nel terreno, chiodi murati su manufatti in cls o su roccia affiorante.

9.5.2.3. Azimut di direzione e orientamento iniziale

Ove possibile, per il vertice iniziale e quello finale della poligonale verrà calcolato l'azimut di direzione ad almeno tre, e comunque a non meno di due, vertici della rete di raffittimento. L'orientamento avverrà al caposaldo più lontano dal punto di stazione e si controllerà la veridicità dell'operazione attraverso l'orientamento ai capisaldi più vicini. L'angolo di orientamento sarà rilevato effettuando almeno quattro insiemi di lettura angolari con il metodo delle direzioni isolate, differenziando se necessario l'orario delle osservazioni.

9.5.2.4. Scelta della strumentazione

Per tutti i lavori di poligonazione secondaria potranno essere utilizzati teodoliti con s.q.m. non superiore ai dieci secondi centesimali accoppiati a distanziometri elettronici di precisione non inferiore a ± mm 5+5 ppm o, in alternativa, total station di prestazioni analoghe. Giornalmente si dovrà verificare che l'indice zenitale presenti un errore di posizione inferiore ai 20 secondi centesimali e che le funzioni di correzione automatica per la curvatura terrestre, altitudine media e indice di rifrazione siano impostate correttamente.

9.5.2.5. Modalità di lettura strumentale e tolleranze

I lati della poligonale dovranno avere possibilmente lunghezza costante compresa tra i 150 e 500 metri; la poligonale non potrà avere sviluppo complessivo superiore ai 3 Km e non più di 15 stazioni.

Gli angoli azimutali e zenitali verranno determinati attraverso almeno tre strati di letture.

Lo scarto massimo tra i valori angolari dei vari strati non dovrà essere superiore a venti secondi centesimali. Le osservazioni che superino tali valori andranno ripetute.

Le tolleranze per l'esecuzione di poligonali secondarie e intersezioni multiple per la determinazione di nuovi punti trigonometrici atti all'esecuzione di rilievi celerimetrici ed al tracciamento delle opere saranno le seguenti:

– Tolleranza angolare $\Delta\alpha = 0g.0020 \times \sqrt{n}$ dove n è il numero dei vertici della poligonale;

– Tolleranza lineare $\Delta L = 0.015 \times \sqrt{\Sigma l}$ (Km) + 0.005 x n + 0.005 x $\sum l$ (km) dove $\sum l$ è la sommatoria della lunghezza dei lati ed n il numero dei vertici della poligonale.

– La posizione altimetrica dei vertici della poligonale sarà ottenuta secondo una delle due procedure seguenti:

- Determinando il dislivello tra le successive coppie di punti con osservazioni zenitali, effettuando la collimazione reciproca e mediando successivamente i valori calcolati in andata e ritorno. Verranno eseguiti almeno quattro strati di lettura per ogni punto collimato e gli angoli ottenuti, per essere mediabili dovranno presentare uno scarto inferiore a venti secondi centesimali
- Mediante livellazione tecnica.

9.5.2.6. Registrazione delle misure

Prima dell'inizio dei lavori si dovrà predisporre un adeguato numero di libretti di misura, che dovranno essere firmati e numerati dal responsabile della topografia numerando progressivamente le pagine ed i libretti stessi.

Sui libretti, riempiti senza pagine bianche, i dati dovranno essere riportati in maniera indelebile e senza cancellazioni invisibili.

Nel caso di registrazione con supporti magnetici o registratori dati la memorizzazione avverrà di norma per punti con record a lunghezza fissa contenenti i dati di campagna.

In quest'ultimo caso i dati registrati andranno stampati a fine di ogni giornata di misura e dovrà essere predisposta una copia di sicurezza degli stessi su CD.

9.5.2.7. Compensazione ed elaborazione dati

I dati rilevati per il calcolo delle coordinate planimetriche dei punti di stazione saranno sottoposti a procedura analitica di compensazione e di calcolo.

9.5.2.8. Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi

Per i vertici delle poligonali secondarie se necessario si predisporrà uno schizzo planimetrico atto a permetterne l'identificazione, questo dovrà contenere:

- coordinate rettilinee;
- distanza del vertice da almeno tre punti caratteristici, stabiliti e facilmente individuabili sul terreno; in galleria invece verrà indicata la progressiva;
- data di materializzazione;
- quota del vertice;
- schizzo prospettico o fotografia;
- numerazione.

### 9.5.3. Livellazioni di precisione

9.5.3.1. Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi

All'atto delle operazioni di livellazione si controllerà che i capisaldi di riferimento di partenza prescelti siano conformi a quanto indicato nelle monografie e che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo.

Nell'eventualità che si sia verificato un danneggiamento o una rimozione, questo caposaldo verrà scartato riferendosi ad un altro, oppure, si controllerà che il caposaldo venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un caposaldo di nuova creazione.

9.5.3.2. Posizionamento e materializzazione dei nuovi capisaldi

La materializzazione dei capisaldi della livellazione verrà realizzata mediante pilastrini di calcestruzzo eseguiti in opera, di sezione di cm 30x30 fondati direttamente nel terreno a profondità non inferiore a cm 40, completi di centrini metallici a testa sferica, realizzati in metallo (o lega metallica) anticorrosivo, che porteranno incisa sulla base la scritta indicata da Direttore dei Lavori, murati e con numerazione realizzata sul calcestruzzo. E' obbligatorio l'uso di pilastrini quando i vertici da materializzare ricadono in terreno libero ed in tutti quei casi in cui manchino manufatti ben stabili.

Potranno anche essere realizzati mediamente centrini metallici a testa sferica murati su manufatti esistenti o su roccia, in materiale metallico (o lega metallica) anticorrosivo che porteranno incisa sulla base la scritta indicata dal Direttore dei Lavori.

9.5.3.3. Scelta della strumentazione

Il livello impiegato nella livellazione dovrà avere: micrometro a lastra piana - parallela per la misura diretta delle frazioni di graduazione della stadia, ingrandimento non inferiore a 30x, livella con centramento a coincidenza di sensibilità non inferiore a 30" per 2 mm di spostamento o compensatore autolivellante che assicuri una precisione della linea di mira non inferiore a 0,4", stato di rettifica verificato giornalmente prima dell'inizio dei lavori. Potranno essere utilizzati livelli elettronici con registratore automatico dei dati purché assicurino prestazioni equivalenti. Le coppie di stadie dovranno avere graduazione centimetrata o mezzo - centimetrata su nastro di acciaio sottoposto a tensione costante, lunghezza di un solo pezzo, bolla che ne permette la posa verticale con l'approssimazione di qualche primo, puntale d'appoggio sui capisaldi sferici, piastra trasportabile per le battute intermedie di peso e stabilità sufficiente, stato di rettifica e taratura documentato dall'IGM.

9.5.3.4. Modalità di lettura strumentale e tolleranza

La livellazione di precisione sarà condotta con il metodo della livellazione geometrica con battute dal mezzo. In ogni stazione il livello dovrà trovarsi ad uguale distanza dalle due stadie, con approssimazione non superiore al metro, e la distanza tra lo strumento e la stadia non dovrà superare i 40 metri.

La misura del dislivello da caposaldo iniziale a caposaldo finale dovrà essere eseguita in andata e ritorno, in ore e giorni diversi se necessario. In ogni caso bisognerà evitare le ore calde o di foschia e le visuali radenti.

La discordanza tra il dislivello misurato in andata e quello in ritorno, tra caposaldo iniziale e finale, non dovrà superare la tolleranza di mm $\pm 6 \sqrt{D}$, dove D è la distanza espressa in Km.
Nel caso che detta discordanza risultasse superiore si dovrà ripetere la livellazione.

Qualora lungo il percorso della livellazione si trovassero più capisaldi, la livellazione stessa si svilupperà tra ciascuna coppia di questi.

Comunque, la tolleranza tra caposaldo iniziale e caposaldo finale di tutta la livellazione dovrà essere contenuta nel limite anzidetto.

Qualora la linea di livellazione si chiuda a formare un poligono di D chilometri, l'errore di chiusura (ovvero il risultato che si ottiene sommando le medie tra andata e ritorno dei dislivelli misurati sui tratti successivi della linea), non deve essere superiore a mm $\pm 3{,}5 \sqrt{D}$, dove D è il percorso totale espresso in Km.

Prima di collegare la livellazione con un caposaldo della livellazione di precisione, è fatto obbligo di assicurarsi che la quota del caposaldo sia rimasta invariata nel tempo.

Con la livellazione si dovrà determinare un caposaldo per ogni chilometro di linea livellata, che potrà anche coincidere con i vertici della poligonale.

Per la posa di nuovi capisaldi di livellazione si dovrà comunque prendere per origine almeno due capisaldi di quota nota della livellazione di precisione, e sarà necessario attribuire ad essi le coordinate al metro.

9.5.3.5. Registrazione delle misure

Prima dell'inizio dei lavori si dovrà predisporre un adeguato numero di libretti di misura, che dovranno essere firmati e numerati dal responsabile della topografia, numerando progressivamente le pagine e i libretti stessi.

Sui libretti riempiti senza pagine bianche, i dati dovranno essere riportati in maniera indelebile e senza cancellazioni invisibili.

Nel caso di registrazione con supporti magnetici o registratore dati la memorizzazione avverrà, di norma per punti con record o lunghezza fissa contenenti i dati di campagna.

In quest'ultimo caso i dati registrati andranno stampati a fine di ogni giornata di misure e dovrà essere predisposta una copia di sicurezza degli stessi su CD.

9.5.3.6. Compensazione ed elaborazione dati

Per il calcolo delle quote definitive i dati rilevati, che rientrino nelle tolleranze stabilite, verranno sottoposti a procedura analitica di compensazione e di calcolo.

9.5.3.7. Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi

Per la livellazione di precisione sarà predisposta la seguente documentazione:

- monografie dei capisaldi ai quali è stata riferita la livellazione e monografie dei capisaldi messi in opera lungo il percorso della nuova livellazione che conterranno;
- quota del caposaldo al mm;
- data di materializzazione;
- numerazione progressiva alfanumerica.
- Inoltre per i capisaldi all'esterno delle gallerie:
- schizzo planimetrico con l'indicazione di almeno tre distanze da punti caratteristici, stabili e facilmente identificabili sul terreno;
- schizzo prospettico e fotografia.
- Invece per i capisaldi all'interno delle gallerie
- distanza progressiva
- schizzo planimetrico descrittivo.

### 9.5.4. Livellazioni tecniche

9.5.4.1. Scelta dei capisaldi di partenza e controllo conformità degli stessi

All'atto delle operazioni di livellazione si controlla che i capisaldi di riferimento di partenza prescelti siano conformi a quanto indicato nelle monografie e che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo.

Nell'eventualità che si sia verificato un danneggiamento o una rimozione questo caposaldo verrà scartato riferendosi ad un altro, oppure si controllerà che il caposaldo venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un caposaldo di nuova creazione.

9.5.4.2. Posizionamento e materializzazione dei nuovi capisaldi

La materializzazione dei capisaldi della livellazione verrà realizzata mediante pilastrini di calcestruzzo eseguiti in opera, di sezione cm 30x30 fondati direttamente nel terreno a profondità non inferiore a cm 40, completi di centrini metallici a testa sferica, realizzati in metallo (o lega metallica) anticorrosivo che porteranno incisa sulla base la scritta indicata dal Direttore dei Lavori, murati e con numerazione realizzata sul calcestruzzo. E' obbligatorio l'uso di pilastrini quando i vertici da materializzare ricadono in terreno libero ed in tutti quei casi in cui manchino manufatti ben stabili.

Potranno anche essere realizzati mediamente centrini metallici a testa sferica murati su manufatti esistenti o su roccia, in materiale metallico (o lega metallica) anticorrosivo che porteranno incisa sulla base la scritta indicata.

9.5.4.3. Scelta della strumentazione

La livellazione verrà eseguita utilizzando un livello con ingrandimento non inferiore a 30 x, livella con centramento a coincidenza di sensibilità non inferiore a 30" per 2 mm di spostamento o compensatore autolivellante che assicuri una precisione della linea di mira non inferiore a 0,4", stato di rettifica verificato giornalmente prima dell'inizio dei lavori. Potranno essere utilizzati livelli elettronici con registratore automatico dei dati purché assicurino prestazioni equivalenti.

Per livellazioni tecniche che necessitino di strumenti o procedure differenti andrà richiesta apposita autorizzazione alla DIREZIONE LAVORI (per tipologia di situazioni) specificando i motivi e l'ambito di applicazione.

La coppia di stadie dovrà avere graduazione centimetrata su legno o metallo o fibra di vetro e livella sferica per la posa verticale.

9.5.4.4. Modalità di lettura strumentale e tolleranze

Per la posa di nuovi capisaldi si dovranno prendere per origine almeno due capisaldi di quota nota da livellazione di precisione; per l'esecuzione di tracciamenti si dovranno prendere per origine almeno due capisaldi di quota comunque nota.

Le distanze tra strumento e stadie non dovranno superare i 40 metri, le battute saranno eseguite dal mezzo con ripetizione della misura in andata e ritorno. Dette misure dovranno succedersi senza intervallo di tempo e con lo stesso operatore. La discordanza tra dislivello misurato in andata e quello misurato in ritorno non dovrà superare la tolleranza di mm $\pm 18 \sqrt{D}$ dove D è la distanza

totale percorsa espressa in Km; qualora la linea di livellazione si chiuda ad anello, l'errore di chiusura non dovrà essere superiore a mm ± 13 √ D. Nel caso risultasse superiore, si ripeterà la misura del tratto.

Prima di collegare la livellazione con un caposaldo preesistente sarà necessario assicurarsi che la quota del caposaldo di riferimento sia rimasta invariata nel tempo.

9.5.4.5. Registrazione delle misure

Prima dell'inizio dei lavori si dovrà predisporre un adeguato numero di libretti di misura che dovranno essere firmati e numerati dal responsabile della topografia, numerando progressivamente le pagine e i libretti stessi.

Sui libretti riempiti senza pagine bianche, i dati dovranno essere riportati in maniera indelebile e senza cancellazioni invisibili.

Nel caso di registrazione con supporti magnetici o registratore dati la memorizzazione avverrà di norma per punti con record o lunghezza fissa contenenti i dati di campagna.

In quest'ultimo caso i dati registrati andranno stampati a fine di ogni giornata di misure e dovrà essere predisposta una copia di sicurezza degli stessi su CD.

9.5.4.6. Compensazione di elaborazione dati

Per il calcolo delle quote definitive i dati rilevati, che rientrino nelle tolleranze stabilite, verranno sottoposti a procedura analitica di compensazione e calcolo.

9.5.4.7. Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi

Per la livellazione tecnica sarà necessario predisporre la seguente documentazione:

- monografie dei capisaldi della livellazione ai quali è stata riferita la nuova operazione;
- monografie dei nuovi capisaldi determinati, comprensive di schizzo planimetrico, schizzo prospettico e fotografia ovvero distanza progressiva, quota, numerazione, data di materializzazione.

### 9.5.5. Rilievi planoaltimetrici

9.5.5.1. Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi

Si assumeranno come vertici di partenza i capisaldi delle reti GPS principale e di raffittimento o i nuovi punti trigonometrici posizionati in precedenza verificando che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo e che siano conformi alle monografie o schizzi descrittivi. Nel caso si sia verificato un danneggiamento o una rimozione il caposaldo verrà scartato e ci si riferirà ad un altro oppure si controllerà che il caposaldo venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un caposaldo di nuova creazione.

9.5.5.2. Orientamento iniziale

Da ogni punto di stazione, al fine di trasformare le letture degli angoli orizzontali di direzione in angoli azimutali da utilizzare per il calcolo delle coordinate planimetriche dei punti rilevati, si dovrà collimare ad un punto di coordinate note e ricavare l'angolo di correzione per l'orientamento del

cerchio orizzontale come differenza tra il valore azimutale calcolato a partire dalle coordinate del punto collimato e del punto di stazione ed il valore corrispondente dell'angolo di direzione letto.

Tale orientamento andrà verificato su un secondo punto di coordinate note e sarà accettato se la differenza angolare non superi i 20 secondi centesimali.

9.5.5.3. Scelta della strumentazione

Per tutti i lavori di rilievo planoaltimetrico potranno essere utilizzati teodoliti con s.q.m. non superiore ai quindici secondi centesimali accoppiati a distanziometri elettronici di precisione non inferiore a ± mm 5+5 ppm o, in alternativa, total station di prestazioni analoghe. Giornalmente si dovrà verificare che l'indice zenitale presenti un errore di posizione inferiore ai 20 secondi centesimali e che le funzioni di correzione automatica per la curvatura terrestre, altitudine media e indice di rifrazione siano impostate correttamente.

Per quanto riguarda i livelli valgono le prescrizioni date al paragrafo 2.5.4.3.

Per il rilievo di particolari o di manufatti in genere potranno essere utilizzati nastri metallici centimetrati, canne metriche o metri.

9.5.5.4. Modalità di lettura strumentale e tolleranze, registrazione delle misure, elaborazione dati

*9.5.5.4.1. Rilievo celerimetrico*

I punti da rilevare vanno scelti in modo da registrare ogni variazione dell'andamento altimetrico del terreno che superi un numero di centimetri pari ad N/10, con N uguale al denominatore della scala di restituzione, da poter posizionare ogni manufatto o rete infrastrutturale presente; in particolare, nelle aree ad uso ferroviario vanno rilevati tutti i punti idonei a definire l'andamento degli assi dei binari, la posizione degli scambi e di ogni altro particolare che sarà concordato preventivamente con la DIREZIONE LAVORI.

Il rilievo deve essere effettuato per coordinate polari (distanza, angolo di direzione angolo zenitale, dislivello) a partire da ogni punto di stazione per i punti la cui distanza dal punto di stazione non superi i 500 m collimando al prisma ed effettuando una singola lettura per ciascuna delle grandezze.

La restituzione cartografica deve avvenire dopo aver trasformato le coordinate polari in coordinate di un riferimento orientato in modo assoluto.

Per ognuno dei punti rilevati vanno registrati su apposito supporto (quaderno di campagna, supporto magnetico o registratore dati) i valori delle grandezze relative idonee alla determinazione della posizione planoaltimetrica rispetto al punto di stazione.

Il piano quotato così ottenuto sarà restituito su adatto supporto cartaceo o magnetico e, ove necessiti, trasformato in curve di livello avendo l'accortezza di conservare a disegno ultimato, l'indicazione grafica dei punti rilevati.

Le curve di livello saranno distinte in:

- direttrici: con equidistanza pari a un centesimo del denominatore di scala (5 m per la cartografia in scala 1:500; 2m per quella in scala 1:200) e disegnate con linea continua leggermente più marcata delle altre;
- intermedie: per la scala 1:500 con equidistanza pari ad un quinto di quella stabilita per le curve direttrici (1 m); per la scala 1:200 con equidistanza pari ad un quarto (0,5m); esse verranno disegnate con linea continua sottile;
- ausiliarie: con equidistanza pari ad un mezzo di quella stabilita per le curve intermedie (0,5 m per

la scala 1:500; 0,25 m per la scala 1:200); esse saranno disegnate con linea sottile a tratti.

*9.5.5.4.2. Rilievo per sezioni*

Ferme restando le norme circa la scelta ed il controllo della conformità dei capisaldi di partenza, il calcolo dell'orientamento iniziale, la scelta della strumentazione e le tolleranze planoaltimetriche per punti isolati e ben individuali sulla restituzione e sul terreno, per quanto riguarda il rilievo di sezioni trasversali all'asse di progetto, la loro posizione verrà materializzata sul terreno tramite tondini di ferro posti alle estremità delle sezioni stesse e dove necessario. Detti tondini saranno adeguatamente sporgenti dal terreno e verniciati di colore intenso per facilitarne il ritrovamento.

Le sezioni si estenderanno per oltre 15 mt circa dalla posizione prevista per la recinzione ferroviaria.

Le stazioni di rilievo saranno possibilmente poste sulla linea d'asse della sezione stessa o ad un suo estremo.

In caso contrario esse saranno materializzate come i punti terminali delle sezioni.

Nei due casi, quando necessario, le stazioni di rilievo potranno essere più di una e non necessariamente visibili tra di loro.

Per ogni punto di stazione andrà redatto uno schizzo planimetrico idoneo a permettere di rintracciarne la posizione.

I punti da rilevare dovranno essere scelti in modo tale da registrare ogni variazione dell'andamento altimetrico del terreno compatibilmente con la scala del rilievo (variazione in centimetri pari a N/10 dove N è uguale al denominatore della scala di restituzione).

Le sezioni trasversali andranno numerate progressivamente e disegnate in scala 1:200 o rese su supporto magnetico.

*9.5.5.4.3. Tolleranze ed elaborazione dati*

Per i punti del terreno rilevati sono stabilite le seguenti tolleranze:

a) tolleranza planimetrica tra due punti isolati ben individuabili sulla restituzione grafica e sul terreno:

| | |
|---|---|
| scala 1:500 | Tp< ± 20 cm |
| scala 1:200 | Tp < ± 10 cm |

b) tolleranza altimetrica tra due punti analoghi ai precedenti:

| | |
|---|---|
| scala 1:500 | Ta < = ± 5 cm |
| scala 1:200 | Ta < = ± 2 cm |

L'elaborazione dei dati sarà eseguita manualmente o tramite software di sperimentata affidabilità; a richiesta detto software sarà fornito alla DIREZIONE LAVORI per lo svolgimento delle necessarie operazioni di sorveglianza.

Il formato dei files di rilievo e restituzione cartografica sarà conforme a quanto indicato dalla DIREZIONE LAVORI.

## 9.5.6. Tracciamenti planoaltimetrici

9.5.6.1. <u>Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi</u>

Si assumeranno come vertici di partenza i capisaldi delle reti GPS principale e di raffittimento o i nuovi punti trigonometrici posizionati in precedenza, verificando che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo e che siano conformi alle monografie o schizzi descrittivi.

Nel caso si sia verificato un danneggiamento o una rimozione il caposaldo verrà scartato e ci si riferirà ad un altro, oppure si controllerà che il caposaldo venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un caposaldo di nuova creazione.

9.5.6.2. Orientamento iniziale

Verrà calcolato l'angolo di direzione ad almeno due capisaldi noti. L'orientamento avverrà al caposaldo più lontano dal punto di stazione e si controllerà la veridicità dell'operazione attraverso l'orientamento al caposaldo più vicino.

9.5.6.3. Scelta della strumentazione

Per tutti i lavori di tracciato planoaltimetrico potranno essere utilizzati teodoliti con s.q.m. non superiore ai quindici secondi centesimali accoppiati a distanziometri elettronici di precisione non inferiore a ± mm 5 + 5 ppm o, in alternativa, total station di prestazioni analoghe. Giornalmente si dovrà verificare che l'indice zenitale presenti un errore di posizione inferiore ai 20 secondi centesimali e che le funzioni di correzione automatica per la curvatura terrestre, altitudine media e indice di rifrazione siano impostate correttamente.

Per quanto riguarda i livelli valgono le prescrizioni date al paragrafo 2.5.4.3.

Per il riporto delle misure atte al posizionamento dei riferimenti ed intercorrenti tra la stazione di tracciamento ed il riferimento stesso, per il posizionamento planimetrico di riferimenti altimetrici ed in tutti i casi ove non sia indicato o possibile l'uso del distanziometro elettronico potranno essere utilizzati nastri metallici centimetrati canne metriche o metri.

9.5.6.4. Calcolo dei valori di tracciamento

Verrà eseguito il calcolo dei valori di tracciamento per il posizionamento dei punti di progetto (o riferimento degli stessi) che permettano la corretta esecuzione delle opere od il controllo di apparecchiature e mezzi d'opera, come ad esempio:

- realizzazione di carpenterie
- posizionamento di casserature
- posizionamento di apparecchiature a luce laser per il tracciamento, controllo delle gallerie o guida di macchinari adatti allo scavo delle stesse.

La correlazione tra i dati di progetto e i capisaldi planoaltimetrici dovrà essere documentata in appositi piani di lavoro topografici, redatti e controfirmati dal Topografo Senior responsabile per la topografia completi di tutti i dati analitici e grafici necessari all'immediato posizionamento dei punti per l'esecuzione dell'opera.

9.5.6.5. Modalità di tracciamento e tolleranze

L'esecuzione del tracciamento planimetrico avverrà per coordinate polari o rettangolari, stazionando su punti di coordinate note.

Al termine delle operazioni di tracciamento delle opere verranno eseguite, dove possibile, misure dirette di controllo sul posizionamento dei riferimenti.

Tutti i riferimenti atti al tracciamento delle opere saranno muniti delle relative indicazioni per l'esecuzione delle stesse che dovranno essere riportate, a seconda dei casi e in maniera inequivocabile, con scritte a vernice di colorazione intensa o pennarello indelebile, poste nelle immediate vicinanze su manufatti, targhette metalliche o picchetti.

Detti riferimenti potranno essere integrati o sostituiti da appositi schizzi o tabelle opportunamente compilate e sottoscritte dal Topografo Senior responsabile per la topografia.

L'esecuzione del tracciamento altimetrico delle opere avverrà tramite livellazione tecnica in andata e ritorno passante per due capisaldi di quota nota.

### 9.5.7. Elenco elaborati

Per le varie attività verrà predisposta la seguente documentazione cartacea e su supporto magnetico.

#### 9.5.7.1. Elaborati poligonali di precisione

- grafico su apposita cartografia
- monografie dei capisaldi di partenza
- monografie dei nuovi capisaldi
- libretti di misura o files di campagna
- calcolo dell'orientamento iniziale e della compensazione
- riepilogo delle coordinate risultanti per i capisaldi.

#### 9.5.7.2. Elaborati poligonali secondarie

- grafico su apposita cartografia
- monografie dei capisaldi di partenza
- monografie dei nuovi capisaldi
- libretti di misura o files di campagna
- calcolo dell'orientamento iniziale e della compensazione
- riepilogo delle coordinate risultanti per i capisaldi.

#### 9.5.7.3. Elaborati livellazioni di precisione

- grafico su apposita cartografia
- monografie dei capisaldi di partenza
- monografie dei nuovi capisaldi
- libretti di misura o files di campagna
- calcolo della compensazione
- riepilogo delle coordinate risultanti per i capisaldi.

#### 9.5.7.4. Elaborati livellazioni tecniche

- grafico su apposita cartografia
- monografie dei capisaldi di partenza
- monografie dei nuovi capisaldi

- libretti di misura o files di campagna
- calcolo della compensazione
- riepilogo delle coordinate risultanti per i capisaldi.

9.5.7.5. Elaborati rilievi planoaltimetrici

- grafico su apposita cartografia
- monografie dei capisaldi di partenza
- calcolo dell'orientamento iniziale
- libretti di misura o files di campagna
- elaborazione dati manuale o tramite software.

9.5.7.6. Elaborati tracciati planoaltimetrici

- grafico su apposita cartografia
- monografie dei capisaldi di partenza
- calcolo dell'orientamento iniziale
- riferimento agli elaborati di progetto
- calcolo dei valori di tracciamento
- schizzi o tabelle di riferimento (se redatte).

# 10. DEMOLIZIONI

## 10.1. CAMPO DI APPLICAZIONE

### 10.1.1. Demolizione di murature, fabbricati e strutture

Rientrano tra le attività cui la presente sezione fa riferimento, tutte le demolizioni parziali o totali di opere civili, anche interrate (cisterne), che si rendessero necessarie nel corso dell'esecuzione dei lavori qualunque siano il mezzo e la modalità utilizzati per eseguirle comprendendo anche le demolizioni di parti o strutture di acciaio o materiali simili.

In particolare per quel che riguarda i manufatti in calcestruzzo sono contemplati sia quelli in calcestruzzo semplice sia quelli in calcestruzzo armato o precompresso. Le demolizioni potranno essere integrali o parziali a sezione obbligata e potranno essere eseguite in qualsiasi dimensione anche in breccia, entro e fuori terra, a qualsiasi altezza.

10.1.1.1.Mezzi da impiegare

Per le demolizioni di cui sopra si potranno impiegare vari mezzi:

- meccanici: scalpello manuale o meccanico, martello demolitore; cesoia manuale o elettromeccanica, fiamma ossidrica;
- chimici ad azione lenta: agenti espansivi senza propagazione di onda d'urto
- chimici ad azione rapida: agenti esplosivi
- idraulici: pompe ad altissima pressione (idrodemolizione)

L'APPALTATORE impiegherà i mezzi più idonei alla esecuzione delle lavorazioni e ritenuti idonei dalla DIREZIONE LAVORI.

10.1.1.2.Demolizioni su linee in esercizio

Per le demolizioni da eseguirsi lungo linee in esercizio (strade o ferrovie), l'APPALTATORE dovrà adottare anche tutte le precauzioni e cautele atte ad evitare ogni possibile danno all'esercizio ed all'utenza e concordare con la Direzione di Esercizio, tramite la DIREZIONE LAVORI, le modalità operative da seguire.

### 10.1.2. Demolizione di pavimentazione in conglomerato bituminoso

La demolizione di pavimentazioni in conglomerato bituminoso può essere realizzata mediante specifiche attrezzature fresatrici o mediante attrezzature tradizionali polifunzionali.

10.1.2.1. Demolizione di pavimentazione realizzato con frese

La demolizione della parte della sovrastruttura legata a bitume per l'intero spessore o parte di esso deve essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

Su parere della DIREZIONE LAVORI potranno essere impiegate fresatrici a sistema misto (preriscaldamento leggero), purché non compromettano il legante esistente nella pavimentazione da demolire. Le attrezzature tutte devono essere perfettamente efficienti e funzionanti e di

caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla DIREZIONE LAVORI.

Devono inoltre avere caratteristiche tali che il materiale risultante dall'azione di scarifica risulti idoneo a giudizio della DIREZIONE LAVORI per il reimpiego nella confezione di nuovi conglomerati.

La superficie del cavo (nel caso di demolizioni parziali del pacchetto) deve risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possono compromettere l'aderenza dei nuovi tappeti da porre in opera. L'APPALTATORE si deve scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione definiti dal Progetto. Qualora questi dovessero risultare inadeguati a contingenti situazioni in essere e comunque diversi per difetto o per eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'APPALTATORE è tenuto a darne immediata comunicazione al Direttore dei Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di scarifica.

Il rilievo dei nuovi spessori deve essere effettuato in contraddittorio. Lo spessore della demolizione deve essere mantenuto costante in tutti i punti e deve essere valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali con quella della parte centrale del cavo.

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o subcorticali, deve essere eseguita con attrezzature approvate dalla DIREZIONE LAVORI, munite di spazzole e dispositivi aspiranti, in grado di dare un piano depolverizzato, perfettamente pulito. Se la demolizione dello strato legato a bitume interessa uno spessore inferiore ai 15 cm, essa potrà essere effettuata con un solo passaggio di fresa, mentre per spessori superiori a 15 cm si devono effettuare due passaggi, di cui il primo pari ad 1/3 dello spessore totale, avendo cura di formare un gradino tra il primo ed il secondo strato demolito di almeno 10 cm di base per lato.

Le pareti dei giunti longitudinali devono risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e prive di sgretolature. Sia la superficie risultante dalla fresatura che le pareti del cavo devono, 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.

10.1.2.2. Demolizione dell'intera sovrastruttura realizzata con sistemi tradizionali

La demolizione dell'intera sovrastruttura può anche essere eseguita con impiego di attrezzature tradizionali quali escavatori, pale meccaniche, martelli demolitori ecc. a discrezione della DIREZIONE LAVORI ed a suo insindacabile giudizio.

Le pareti verticali dello scavo devono essere perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi sulla parte di pavimentazione da non demolire devono essere riparati a cura e spese dell'APPALTATORE.

L'APPALTATORE è inoltre tenuta a regolarizzare e compattare il piano di posa della pavimentazione demolita nel caso che non si proceda alla stesa del misto granulometricamente stabilizzato.

## 10.2. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI

Per la effettuazione dei lavori, l'APPALTATORE dovrà adottare tutti gli accorgimenti e le cautele atte a garantire la sicurezza con particolare riferimento all'incolumità del personale addetto

ai lavori. A tal fine dovrà osservare e far osservare scrupolosamente tutte le prescrizioni delle leggi vigenti.

I materiali di risulta provenenti da demolizioni o rimozioni dovranno essere gestiti secondo quanto prescritto dalla normativa vigente (DLgs 152/06 e s.m.i.).

L'APPALTATORE dovrà anche definire modalità operative finalizzate ad evitare la formazione e dispersione di polveri nell'atmosfera

Quando la demolizione è prevista dal progetto deve essere eseguita nel rispetto del piano di sicurezza e coordinamento. Quando tale attività non rientra tra quelle previste, potrà essere eseguita, sempre nel rispetto del piano, solo dopo che questo sia stato opportunamente aggiornato.

Prima dell'inizio dei lavori l'APPALTATORE è tenuto a redigere ed a trasmettere per approvazione alla DL una relazione tecniche che riporti:

- Data e luogo della demolizione;
- Oggetto della demolizione;
- Mezzi e attrezzature principali da impiegare;
- Modalità di demolizione;
- Tempistica d'intervento.

Sono a carico dell'APPALTATORE le operazioni connesse all'eventuale interruzione e ripristino di servizi elettrici e telefonici, reti di distribuzione acqua, gas, reti e canalette di drenaggio, ecc.

Salvo diverse disposizioni contrattuali, i materiali provenienti dalle demolizioni restano di proprietà dell'APPALTATORE che disporrà l'eventuale destinazione ed utilizzazione.

L'APPALTATORE è tenuto al recupero con ordine e alla eventuale pulizia di tutti i materiali dei quali, secondo le indicazioni del progetto, si prevede il riutilizzo. Tali materiali devono essere trasportati ed immagazzinati o accatastati nei luoghi previsti dal progetto o, quando non previsti, in aree rese disponibili dall'APPALTATORE, con le modalità concordate con la DIREZIONE LAVORI.

E' a carico dell'APPALTATORE il carico, il trasporto, lo scarico e la sistemazione differenziata in linea con la normativa vigente nelle discariche autorizzate di tutto il materiale di rifiuto. Le discariche, se non già individuate dal progetto, devono essere proposte dall'APPALTATORE e approvate dalla DL. All'APPALTATORE in questo caso spetta anche l'ottenimento di tutti i permessi necessari.

Tra gli oneri dell'APPALTATORE rientra anche, salvo diverse prescrizioni di progetto, la pulizia delle aree sulle quali sono eseguite le opere di demolizione nonché il riempimento di eventuali scavi fino ad ottenere un piano di lavoro adeguato allo svolgimento delle successive operazioni previste dal progetto. Tutte queste operazioni, ed in particolare gli eventuali rinterri, devono essere eseguite in linea con le prescrizioni delle altre sezioni del capitolato.

L'APPALTATORE sarà pertanto responsabile di tutti i danni che una cattiva conduzione nelle operazioni di demolizioni potessero arrecare alle persone, alle opere e cose, anche di terzi.

L'APPALTATORE dovrà provvedere, a sua cura e spese, a adottare tutti gli accorgimenti tecnici per puntellare e sbatacchiare le parti pericolanti e tutte le cautele al fine di non danneggiare le strutture sottostanti e circostanti e le proprietà di terzi.

Nel corso dei lavori deve, quindi, essere garantita la protezione delle installazioni circostanti. Spetta all'APPALTATORE la ricostruzione delle opere eventualmente danneggiate durante i lavori di demolizione, fino a riportarle nello stato in cui si trovavano prima dei lavori stessi, secondo

quanto concordato nei *Testimoniali di Stato,* effettuati a cura e spese dell'APPALTATORE.

L'APPALTATORE è, inoltre, tenuto a realizzare le opere provvisionali e/o a definire le modalità operative finalizzate ad evitare la formazione e la propagazione della polvere eventualmente utilizzando anche convogliatori a terra (è vietato il getto dall'alto dei materiali di risulta).

L'APPALTATORE dovrà anche realizzare la recinzione provvisoria, apporre la necessaria segnaletica diurna e notturna e garantire la necessaria illuminazione nei luoghi soggetti alle demolizioni.

Tagli eventuali con fiamma ossidrica o con attrezzature elettromeccaniche e/o manuali rientrano nello scopo del lavoro dell'APPALTATORE.

In fase di demolizione si dovrà assolutamente evitare l'accumulo di materiali di risulta sulle strutture da demolire o sulle opere provvisionali in misura tale che si verifichino sovraccarichi o spinte pericolose.

Dove necessario la predisposizione di adeguati consolidamenti del terreno circostante, prima di ogni rimozione di elementi strutturali, è a carico dell'APPALTATORE come anche il riempimento degli scavi residui secondo modalità concordate con la DL.

Nel caso d'impiego di esplosivi saranno a carico dell'APPALTATORE gli oneri connessi con la richiesta e l'ottenimento di tutti i permessi necessari da parte delle competenti Autorità, la fornitura di tutti i materiali necessari e il loro trasporto, stoccaggio e impiego in linea con le misure di sicurezza

L'APPALTATORE provvederà altresì, a propria cura e spese, alle denuncie di variazione o demolizione relative ai fabbricati interessati dai lavori. Per tali operazioni catastali l'APPALTATORE è tenuto a sottoporre al Committente, per una preventiva verifica ed approvazione, tutta la connessa documentazione prima della presentazione ai competenti uffici tecnici erariali.

L' APPALTATORE dovrà fornire al Committente, entro un anno dalla realizzazione delle opere, la documentazione catastale comprovante gli avvenuti inserimento in mappa, accatastamento e/o variazione o demolizione dei fabbricati.

# 11. MOVIMENTI DI TERRA

## 11.1. DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI

I movimenti di terra comprendono le seguenti categorie di lavoro:

- Diserbamento e scoticamento
- Scavi
- Rinterri.
- Rilevati
- Trincee

Nei paragrafi seguenti sono definite le prescrizioni relative a ciascuna categoria di lavoro nonché le prescrizioni ed oneri di carattere generale ed i controlli da eseguire.

## 11.2. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

### 11.2.1. Disserbamento e scoticamento

Il diserbamento consiste nella rimozione ed asportazione di erbe, radici, cespugli, piante e alberi.

Lo scoticamento consiste nella rimozione ed asportazione del terreno vegetale, di qualsiasi consistenza e con qualunque contenuto d'acqua.

Nella esecuzione dei lavori l'APPALTATORE dovrà attenersi a quanto segue:

a) Il diserbamento e lo scoticamento del terreno dovranno sempre essere eseguiti prima di effettuare qualsiasi lavoro di scavo o formazione di rilevato secondo piani regolari individuati da livellette longitudinali come riportato nel progetto costruttivo.
b) Dovrà indicare i limiti dell'area di costruzione e, dove necessario, la DIREZIONE LAVORI indicherà tutti gli alberi, i cespugli, le piante ed altro che dovrà essere lasciato sul posto.
c) Tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, dovrà essere completamente rimosso.
d) Il materiale scavato dovrà essere trasportato a discarica autorizzata a propria cura e spese e, se idoneo, riutilizzato per opere di riambientalizzazione e/o come terreno vegetale per la finitura superficiale di parti assoggettate a scavo, in accordo con la normativa vigente (DLgs 152/2006 e s.m.i.).

### 11.2.2. Scavi in genere

Per scavo s'intende l'enucleazione, rimozione e trasporto, per l'eventuale riutilizzo nell'ambito del cantiere o per la destinazione a rifiuto, di terreni di qualsiasi natura e di materiali litoidi che rientrino a titolo esemplificativo e non esaustivo nelle seguenti categorie :

- terreni vegetali ed organici, suoli, riporti artificiali di varia natura
- terreni sciolti e granulari anche se addensati o con modesta cementazione
- terreni coesivi, a comportamento plastico, in formazioni spazialmente omogenee, o alternati a modesti livelli di materiale granulare cementato

- materiali litoidi alterati nonché masse rocciose fessurate, con orientamento non preferenziale delle fessure con separazione della massa in blocchi di dimensione non superiore ad un metro cubo, non cementati.

Si intendono materiali litoidi quei materiali rocciosi coerenti e compatti che debbono necessariamente essere scavati con l'ausilio di macchine ad azione demolitrice, ripper, demolitori, fioretti, martelli pneumatici, cunei idraulici, miscele espansive, etc…..Sono comprese anche le rocce in strati alternati nelle quali la presenza di fessurazioni e/o alterazioni non rechi pregiudizio alla compattezza dell'intera massa , ovvero con presenza di cemento, di consistenza litoide, nelle fessure.

Gli scavi potranno essere eseguiti a mano, con mezzi meccanici e, ove necessario con qualsiasi mezzo idoneo alle condizioni al contorno da rispettare.

Nella esecuzione dei lavori di scavo l'APPALTATORE dovrà farsi carico delle prescrizioni e degli oneri di seguito elencati a titolo descrittivo e non limitativo.

a) Rifinire il fondo e le pareti dello scavo non provvisionale secondo quote e pendenze di progetto. L'APPALTATORE avrà cura che il fondo dello scavo sia compattato secondo le indicazioni del progetto .
b) Segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della DIREZIONE LAVORI.
   Nel caso in cui questa prassi non venisse rispettata la DIREZIONE LAVORI potrà richiedere all'APPALTATORE di rimettere a nudo le parti occultate senza che questi abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere.
c) Provvedere alla demolizione e/o rimozione dei trovanti di qualsiasi natura e dimensione provvedendo altresì alla frantumazione dei materiali non trasportabili e/o non riutilizzabili.
d) Eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla DIREZIONE LAVORI, scavi campione con prelievo di saggi e/o effettuazione di prove in sito ed analisi di laboratorio.
e) Provvedere a propria cura e spese allo smaltimento in discarica autorizzata del materiale scavato non riutilizzato o non riutilizzabile, secondo la normativa vigente;
f) Provvedere al carico, trasporto e scarico del materiale proveniente dagli scavi che l'APPALTATORE intendesse riutilizzare, purché idoneo ed in accordo con la normativa vigente (DLgs 152/2006 e s.m.i.). E' inteso incluso anche l'eventuale onere per il reperimento di idonee aree di stoccaggio, eventualmente indicate dalla DIREZIONE LAVORI, il deposito ordinato e la ripresa dei materiali. Nel caso contrario, i materiali di scavo dovranno essere trattati come un rifiuto e dovranno essere riutilizzati o smaltiti secondo quanto previsto nelle normativa vigente.
g) Recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna alle aree di scavo.
h) Provvedere, con qualsiasi sistema (spritz-beton, paratie, sbatacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi in accordo a quanto prescritto dai documenti di progetto, nel rispetto del piano di sicurezza ed in conformità alle norme di sicurezza.
i) Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campioni, etc.) per evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrate di qualsiasi natura; inclusa, ove necessario la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o temporaneamente deviate.
j) Provvedere ad un adeguato drenaggio per evitare accumuli d'acqua nel fondo dello scavo, nonché ad aggottamento dell'acqua ove si rendesse necessario.

L'APPALTATORE dovrà mantenere durante i lavori tutti i drenaggi funzionanti in modo da assicurare la fuoriuscita dell'acqua. I danni al lavoro conseguenti a infiltrazioni d'acqua dovute alla mancate realizzazione di idonei drenaggi dovranno essere immediatamente rimediati dall'APPALTATORE a sue spese.

k) L'APPALTATORE dovrà inoltre procedere a sua cura e spese, quando necessario, all'eventuale demolizione di massicciate stradali esistenti e gestione dei materiali di risulta con relativo conferimento a discarica.

l) Nel caso di impiego di esplosivi, saranno a carico dell'APPALTATORE:
   - Il rispetto delle leggi e normative vigenti, la richiesta e l'ottenimento dei permessi delle competenti Autorità.
   - 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.
   - 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.

m) Gli scavi verranno eseguiti all'asciutto, cioè in assenza di accumuli d'acqua sul fondo dello scavo. Allo scopo l'APPALTATORE dovrà predisporre adeguati drenaggi e aggottamenti per captare e allontanare con continuità eventuali venute d'acqua di filtrazione o di ruscellamento. I mezzi predisposti per l'aggottamento dell'acqua dovranno essere sempre in perfetta efficienza, nel numero e con le portate e le prevalenze necessarie e sufficienti per garantire la continuità del prosciugamento del fondo dello scavo. Resta comunque inteso che, nell'esecuzione di tutti gli scavi, l'APPALTATORE dovrà provvedere, di sua iniziativa ed a sua cura e spese:
   - ad assicurare il naturale deflusso delle acque che si riscontrassero scorrenti sulla superficie del terreno, allo scopo di evitare che esse si versino negli scavi;
   - a togliere ogni impedimento o ogni causa di rigurgito, che si opponesse così al regolare deflusso delle acque, anche ricorrendo all'apertura di canali fugatori;
   - agli adempimenti previsti dalle vigenti leggi in ordine alla tutela delle acque dall'inquinamento, all'espletamento delle pratiche per l'autorizzazione allo scarico nonché agli oneri per l'eventuale trattamento /smaltimento delle acque. (DLgs 152/2006 e s.m.i.).

Operativamente si possono distinguere:

11.2.2.1. Scavi di sbancamento

Per scavi in sezione ampia, di sbancamento o sterri, si intendono quelli eseguiti sia sopra sia sotto il piano di campagna, in sezione sufficientemente ampia da consentire l'accesso ai mezzi di trasporto sino al fronte di scavo (accesso diretto o a mezzo di rampe provvisorie), in modo che il materiale scavato venga caricato direttamente sui mezzi di trasporto con un solo paleggiamento.

A titolo esemplificativo e non esaustivo sono così denominati gli scavi occorrenti per:

- la formazione del sedime d'imposta dei fabbricati;
- l'apertura della sede autostradale, dei piazzali e delle opere accessorie, portati a finitura secondo i tipi di Progetto;
- le gradonature di ancoraggio dei rilevati, previste per terreni con pendenza superiore al 20%;
- la bonifica del piano di posa di rilevati o di altre opere;

- lo spianamento del terreno;
- l'impianto di opere d'arte;
- il taglio delle scarpate di trincee o di rilevati;
- la formazione o approfondimento di cunette, di fossi e di canali.

11.2.2.2.Scavi di fondazione o sezione obbligata / ristretta

Per scavi in sezione obbligata o ristretta, si intendono di solito gli scavi aventi la larghezza uguale o inferiore all'altezza e più in particolare:

- per **scavi in sezione obbligata** si intendono, in genere, quelli eseguiti al di sotto dello scavo generale e del piano di sbancamento per i quali occorrono due paleggi: uno per l'innalzamento dal piano di scavo al piano di carico ed uno dal piano di carico sul mezzo di trasporto;
- per **scavi in sezione ristretta** si intendono quelli correnti di sezione trasversale ristretta per cui, non essendo consentito l'accesso frontale ai mezzi di trasporto per il carico dei materiali, si rendono necessari almeno due paleggi come nel caso precedente;

L'APPALTATORE dovrà evitare che il terreno di fondazione subisca rimaneggiamenti o deterioramenti prima della costruzione dell'opera. In particolare eventuali acque ruscellanti o stagnanti dovranno essere allontanate dagli scavi. È vietato all'APPALTATORE, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature o ai getti prima che la DIREZIONE LAVORI abbia verificato ed accettato i piani delle fondazioni.

**11.2.3. Rinterri**

Per rinterri si intendono:

- la bonifica di zone di terreno non adeguato, al disotto del piano di posa di manufatti, delle trincee e dei rilevati, effettuata mediante sostituzione dei terreni del sottosuolo con materiale idoneo proveniente dagli scavi o da cave di prestito;
- il riempimento di scavi provvisori eseguiti per la realizzazione di fondazioni, cunicoli, pozzetti, e quanto altro;
- la sistemazione superficiale eseguita con o senza apporto di materiale.

Nella effettuazione dei rinterri l'APPALTATORE dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni ed oneri:

a) La bonifica del terreno dovrà essere eseguita quando prevista dal progetto, e ogni qualvolta nel corso dei lavori si dovessero trovare delle zone di terreno non idoneo (per es. un terreno altamente compressibile, non compattabile, dotato di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche) e/o comunque non conforme alle specifiche di progetto o a prescrizioni contrattuali. In senso più allargato, la bonifica si dovrà effettuare ogni qualvolta sul fondo scavo e su materiale litoide si presentano sacche di terra, prevedendo idoneo "rinterro" con cls ciclopico, tale da ricreare la condizione di uniformità del sottosuolo di fondazione.
b) La bonifica dovrà essere eseguita utilizzando i seguenti materiali; con riferimento alla classifica CNR-UNI 10006:
   - A1, A2, A3 se proveniente da cave di prestito;
   - A1, A2, A3, A4 se proveniente dagli scavi.

   Il materiale dovrà essere messo in opera a strati di spessore non superiore a 50 cm. (materiale sciolto); per il materiale dei gruppi A2 ed A4 gli strati dovranno avere spessore non superiore a

30 cm. (materiale sciolto).
Qualora sia previsto in progetto a causa della non disponibilità dei suddetti materiali in un raggio economicamente conveniente, è consentito l'uso di terre stabilizzate a calce secondo le modalità indicate nella specifica allegata.
Dopo la compattazione, il valore della densità secca (AASHTO Modificata CNR-BU n. 69) dovrà essere almeno pari a quello previsto per le diverse tipologie di opere in terra, riportato nei paragrafi che seguono; il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a quello previsto per le diverse tipologie di opere in terra, riportato nei paragrafi che seguono; infine il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto per il rilevato ferroviario.

c) Nel caso in cui la bonifica di zone di terreno debba essere eseguita in presenza d'acqua, l'APPALTATORE dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere costantemente asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa; per il rinterro dovrà essere utilizzato materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A1, A2-4 ed A3 (UNI-CNR 10006).
Qualora le caratteristiche del terreno richiedessero un trattamento di miglioramento, un rinforzo o una stabilizzazione profondo questo dovrà essere eseguito secondo le prescrizioni di progetto o in accordo con le metodologie descritte nel presente Capitolato Speciale.
d) Il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà essere effettuato con materiale idoneo opportunamente compattato, secondo le prescrizioni del progetto.
e) Il rinterro di scavi relativi a tubazioni interrate e cavi elettrici sarà effettuato con materiali sabbiosi (o comunque con materiali che durante l'operazione di rinterro non danneggino dette installazioni).
f) La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali idonei sia provenienti dagli scavi che di fornitura dell'APPALTATORE, e dovrà essere effettuata con spandimento a strati procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto.

### 11.2.4. Rilevati

Con il termine "rilevati" sono definite tutte le opere realizzate con terra, destinate a formare il rilevato ferroviario e stradale, ed i piazzali, con esclusione dei lavori inerenti alla sovrastruttura stradale o ferroviaria per i quali si rimanda ad altre Sezioni del presente Capitolato.
Al fine di individuare le diverse parti che costituiscono il rilevato si definisce:

a) <u>piano di posa del rilevato</u> - la superficie del terreno naturale dopo lo scotico o del terreno di riporto dopo l'eventuale bonifica del terreno naturale;
b) <u>corpo del rilevato</u> - opera in terra, costituita dalla sovrapposizione di strati di terre, compattate, necessaria per l'appoggio della sovrastruttura ferroviaria o stradale posta a quota superiore a quella del piano di campagna;
c) <u>primo strato di rilevato o strato anticapillare</u> – primo strato di rilevato, al di sopra del piano di posa, con caratteristiche tali da impedire la risalita dell'acqua per capillarità;
d) <u>ultimo strato del rilevato o strato supercompattato</u> - ultimo strato del rilevato caratterizzato da un elevato grado di costipamento, che costituisce il piano posa del sub-ballast (ove previsto),

ovvero del ballast.

Si definisce inoltre:
terra trattata con calce – miscela composta da terra, calce viva o idrata ed acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche della terra stessa, onde ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo il costipamento, risultino di adeguata resistenza meccanica nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo.

11.2.4.1. Rilevato ferroviario

a) Prima della formazione del rilevato, il terreno al di sotto del piano di campagna, andrà asportato per uno spessore minimo di 50 cm (scotico) e comunque per tutto lo strato di terreno vegetale. Successivamente dovrà essere preparato il piano di posa, alla quota prevista in progetto, secondo i requisiti previsti nel punto b del presente paragrafo; se la quota di progetto è superiore a quella dello scotico, la stessa dovrà essere raggiunta con l'apporto di materiale selezionato, rispondente ai requisiti di cui al punto paragrafo rinterri.
b) Il piano di posa, che sia costituito dal terreno in sito o da materiale di rinterro, dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere un a densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69).
Il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 20 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto e).

Se il terreno in situ non ha caratteristiche adeguate ai requisiti richiesti, dovrà essere effettuata la bonifica, secondo quanto previsto al punto 4.2.3 b (rinterri).

c) Il primo strato di rilevato o strato anticapillare (qualora previsto in progetto), posto al di sopra del piano di posa, dovrà avere uno spessore di 50 cm (materiale compattato)e dovrà essere costituito da pietrischetto con dimensioni comprese tra 2 e 25 mm avente le seguenti caratteristiche granulometriche:

| **dim. granuli** | | **passante** |
|---|---|---|
| 25 mm | | 100% |
| 4 mm | ≤ | 20 % |
| 2 mm | ≤ | 10 %. |
| Equivalente in sabbia | | >70. |

L'impiego di materiali di diversa granulometria è possibile solo nel caso in cui l'APPALTATORE, seguendo le indicazioni del DL che sentirà in proposito i progettisti, esegua una sperimentazione su campo prova volta a dimostrare che la massima risalita capillare non supera la metà dello strato anticapillare stesso.
Il materiale dovrà essere steso in strati non superiori a 50 cm (materiale sciolto) e costipato mediante rullatura. Il modulo di deformazione, misurato mediante prova di carico su piastra al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa – 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 20 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto

previsto al punto e).
Ove previsto dalle sezioni tipologiche tra il sottofondo e lo strato anticapillare sarà interposto un telo di geotessile non tessuto, in polipropilene e/o poliestere, non rigenerato, coesionato meccanicamente mediante agugliatura, esente da trattamenti chimici o termici, rispondente alla norma UNI EN 13250 e avente le caratteristiche minime riportate alla tabella seguente.

| CARATTERISTICHE | VALORI LIMITE | NORME DI RIF. UNI |
|---|---|---|
| Massa areica | ≥ 250 g/m$^2$ | EN 965 |
| Spessore:<br>a 2 KPa | ≥ 2 mm | EN 964/1 |
| Resistenza a trazione:<br>valor medio<br>valor minimo* | ≥ 18 kN/m<br>≥ 16 kN/m | EN ISO 10319 |
| Allungamento a rottura longitudinale e trasversale | 50÷85 % | EN ISO 10319 |
| Resistenza al punzonamento statico:<br>valor medio<br>valor minimo* | ≥ 2,6 kN<br>≥ 2,2 kN | EN ISO 12236 |
| Resistenza al punzonamento dinamico:<br>diametro del foro | ≤ 10 mm | EN 918 |
| Permeabilità radiale:<br>a 2 KPa<br>a 200 KPa | ≥ 3x10$^{-1}$ cm/s<br>≥ 3x10$^{-2}$ cm/s | 8279/13 |
| Apertura caratteristica O | 90 µm | EN ISO 12956 |

*definito come valore limite inferiore con probabilità di superamento del 95%.

Il geotessile dovrà essere marcato chiaramente e indelebilmente con le informazioni specificate nella UNI EN ISO 10320, nonchè identificato da marchio CE, conforme alla Direttiva 93/68/CE. Inoltre, il geotessile dovrà essere conforme alle UNI EN 12225 e 12224, relative rispettivamente ai metodi per la determinazione della resistenza microbiologica e agli agenti atmosferici ed alla UNI ENV ISO 1722-1, per la simulazione del danneggiamento durante la posa e per la messa in opera in materiali granulari. I rotoli di geotessile dovranno essere opportunamente protetti durante il periodo di stoccaggio del materiale ed i tempi di copertura dopo la posa in opera dovranno essere inferiori a quelli indicati dal produttore; in caso di stoccaggio non conforme o di posa in opera successiva alla data indicata, l'APPALTATORE dovrà effettuare tutte le prove e i controlli atti a garantire i requisiti richiesti dal presente Capitolato.
Il geotessile dovrà essere risvoltato per almeno 3 m da entrambi i lati sulla faccia superiore dello strato, qualora lo strato di rilevato che sormonta l'anticapillare abbia contenuto in fino (0.074) minore del 35%. Se invece tale strato avesse contenuto in fino maggiore o uguale al 35%, il geotessile ricoprirà completamente l'anticapillare. Si precisa inoltre che la prova di piastra andrà eseguita sul piano di posa del rilevato definito come estradosso del riempimento di spessore non inferiore a 50 cm (materiale compattato) realizzato al di sotto del piano campagna.
Se i terreni sovrastanti appartengono alle classi A2 e A4 il geotessile dovrà ricoprire completamente lo strato anticapillare.

d) Nella formazione del corpo del rilevato dovranno essere innanzitutto impiegate le terre provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione o di galleria appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3 e A4, di cui alla norma CNR-UNI 10006, e inoltre terre provenienti da

cave di prestito, appartenenti agli stessi gruppi. Non dovranno essere impiegate terre del gruppo A3 con coefficiente di disuniformità inferiore a 7.

Qualora sia previsto in progetto a causa della non disponibilità dei suddetti materiali in un raggio economicamente conveniente, è consentito l'uso di terre stabilizzate a calce secondo le modalità indicate nella specifica allegata.

L'utilizzo di terre piroclastiche dovrà essere esplicitamente autorizzato dalla DIREZIONE LAVORI e comunque rispettare quanto indicato al punto f..

Lo spessore delle strato (materiale soffice/sciolto) deve essere adeguato ai mezzi di compattazione, in maniera da ottenere un'omogeneità di compattazione per tutta l'altezza dello strato finito.

e) Per la formazione del corpo dei rilevati potranno essere impiegati frammenti rocciosi delle dimensioni non maggiori di 25 cm così da poter formare strati dello spessore massimo di 50 cm. Da un punto di vista litologico è da escludere l'impiego di materiali provenienti da marne, argilliti, filladi e micascisti o da rocce soggette a fenomeni di alterazione.

f) Nel caso di impiego di rocce tufacee, la formazione del corpo dei rilevati, gli scapoli dovranno essere frantumati completamente, con dimensioni massime di 10 cm, mediante l'impiego di rulli a piedi di pecora.

Non dovranno essere impiegati materiali di natura argillo-scistosa o comunque alterabili o molto fragili che non conservino nel tempo la granulometria originaria.

Non verranno perciò accettate rocce di origine chimica che non abbiano completato il processo di diagenesi a meno di esplicita approvazione della DL, che deve sentire in proposito i progettisti, dopo l'esecuzione di specifiche prove che devono essere proposte dall'APPALTATORE ed approvate dalla DL stessa.

Il materiale, la cui dimensione sia compresa fra 7,1 e 25 cm, deve essere di pezzatura disuniforme e non deve costituire più del 30% del volume del rilevato.

Deve poi risultare un accurato intasamento dei vuoti in modo da ottenere, per ogni strato, una massa ben assestata e compatta.

Quando materiali di caratteristiche assai differenti, quali ghiaia o sabbia, sono estratti da fonti diverse, tali materiali dovranno essere depositati in strati alterni per la larghezza complessiva del rilevato. La DIREZIONE LAVORI può, se lo ritiene necessario e vantaggioso per il lavoro, ordinare che tali materiali siano mescolati.

g) In ogni caso, sia che si tratti di terre, sia che si tratti di rocce frantumate, il grado di uniformità dei materiali utilizzati, definito come il rapporto tra il passante al setaccio D60 e il passante al setaccio D10 G.U. = D60 / D10 dovrà essere $\geq 15$.

h) Il materiale dovrà essere messo in opera con un contenuto d'acqua (CNR-UNI 10008) prossimo all'ottimale; qualora il contenuto d'acqua si discosti di $\pm$ 2% dal valore ottimale, l'eventuale aggiunta di acqua avverrà mediante dispositivi spruzzatori e l'eventuale essiccamento avverrà per evaporazione, aerando il terreno mediante erpici, aratri a dischi o altri metodi meccanici adeguati alla tipologia del terreno ed allo spessore dello strato da aerare.

i) Il materiale impiegato per la formazione del corpo del rilevato dovrà essere steso in strati di spessore **non superiore a 50 cm** (materiale sciolto) per le terre dei gruppi A1, A2-4 e **non superiore a 30 cm** (materiale sciolto) per il materiale dei gruppi A2-5, AA2-6, A2-7, A3 ed A4.

Su ciascuna sezione trasversale i materiali impiegati per ciascuno strato dovranno essere dello stesso gruppo o sottogruppo.

Ogni strato dovrà essere costipato in modo da raggiungere in ogni punto la densità secca almeno pari al 95% della densità della densità massima ottenuta per quella terra con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69); prima di porre in opera un altro strato. In relazione alla difficoltà di ottenere i prescritti valori minimi della densità AASHTO modificata e del modulo di deformazione come più avanti prescritto, l'APPALTATORE, prima di usare terre dei gruppi A2-5 e A2-7, dovrà effettuare a sua cura e spese opportune prove (in situ e in laboratorio) che attestino la possibilità di raggiungere i prescritti parametri. Di tali prove dovrà essere informata la DIREZIONE LAVORI.
Nel caso di impiego di frammenti rocciosi, in luogo della prova di densità, si dovranno eseguire, durante la formazione degli strati, solo prove per la determinazione del modulo di deformazione, eventualmente con piastra di diametro D = 600 mm.
La densità AASHTO modificata sarà determinata secondo i metodi delle prove di cui alla norma CNR-B.U. n.69 in relazione alla massima dimensione degli elementi.

l) Per ciascuno strato del corpo del rilevato, il valore del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra, secondo CNR-BU n° 146, dovrà risultare non inferiore a 20 MPa per le zone di rilevato a distanza inferiore a 1 m dai bordi dello stesso e a 40 MPa per la restante zona centrale. Tali valori dei moduli andranno determinati al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa – 0.25 MPa; in entrambi i casi, il rapporto tra i moduli del 1° e 2° ciclo non dovrà essere inferiore a 0,60. Nel caso in cui, nella verifica della compattazione mediante prova di carico su piastra (CNR-BU n° 146), il valore del rapporto tra i moduli del primo e del secondo ciclo di carico (K) risultasse inferiore a 0.60, dovrà essere predisposto, prima di procedere ai lavori, un campo prova per definire sperimentalmente il valore massimo del K ottenibile per il tipo di materiale da utilizzare.
Nel corso di detta sperimentazione dovranno inoltre essere definiti:

- le caratteristiche dei rulli (tipo, peso);
- la loro velocità di avanzamento e, nel caso di rulli dinamici, frequenza delle vibrazioni;
- il numero delle passate;
- lo spessore massimo di ciascuno strato;

Sulla scorta del valore del coefficiente K così ottenuto, verrà individuato un rango compreso tra ± 10% del suddetto K che definirà il campo di accettabilità delle lavorazioni.

Ogni qualvolta si utilizzi materiale diverso e/o i valori di K, comunque inferiori a 0.6, siano esterni al campo di accettabilità precedentemente determinato, dovrà essere predisposto un nuovo campo prova.
Al termine del campo prova dovrà essere consegnata alla DIREZIONE LAVORI una relazione contenente tutti i dati relativi al campo prova stesso.

m) La superficie superiore degli strati avrà una pendenza trasversale pari a circa il 3% e comunque tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo le livellatrici e apposite squadre di operai.
n) Le scarpate dei rilevati dovranno essere inerbite **(par. 4.2.7).**
o) Le eventuali banche laterali antirifluimento dovranno essere realizzate con gli stessi materiali e modalità costruttive del corpo del rilevato.
p) Nel caso di allargamento di un rilevato esistente, previa asportazione dello strato di terreno

vegetale umifero, si dovrà ritagliare, con ogni cautela, a gradoni orizzontali la scarpa del corpo del rilevato su cui andrà addossato il nuovo materiale, avendo cura di procedere per fasi, facendo immediatamente seguire ad ogni gradonatura (dell'altezza massima di 50 cm) la stessa del relativo nuovo strato (tale da coprire la gradonatura stessa) ed il suo costipamento, in modo da assicurare comunque la viabilità del rilevato esistente.

q) Nel caso di interruzione e/o sospensione delle lavorazioni sul corpo del rilevato e ogni volta che la stesa dello strato di terreno successivo venga effettuata oltre le 72 ore dalla compattazione dello strato sottostante, è necessario spargere, subito dopo la compattazione e per l'intera larghezza del rilevato, fitociti, antigerminali o anche taletissici. Prima della ripresa del lavoro, il rilevato già eseguito dovrà essere ripulito dalle erbe e dalla vegetazione in genere che eventualmente vi si fosse insediata, dovrà essere aerata, praticandovi, inoltre dei solchi per il collegamento dei nuovi materiali come quelli finora impiegati e dovranno essere ripetute le prove di controllo delle compattazioni.

r) L'ultimo strato del rilevato o supercompattato dovrà essere realizzato come riportato al paragrafo afferente lo strato super compattato (**par. 4.2.6)**.

s) Le operazioni di posa in opera e compattazione non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stesso. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'APPALTATORE.

t) In base alle caratteristiche dei terreni di base dei rilevati vanno rispettati i programmi previsti in progetto per la costruzione dei rilevati stessi in modo che gli eventuali provvedimenti di bonifica o di acceleramento del consolidamento del terreno di posa, possano essere ultimati in tempo utile a garantire che gli assestamenti residui siano non superiori al 10% dei cedimenti teorici e siano comunque inferiori a 5 cm.

11.2.4.2.Rilevato stradale

I rilevati stradali saranno eseguiti con le stesse modalità dei rilevati ferroviari (**par.4.2.4.1**) con le eccezioni di seguito elencate:

- il piano di posa dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere un a densità secca non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69).
- Il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 15 MPa al primo ciclo di carico e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146).;
- lo strato di anticapillare verrà realizzato solo se previsto in progetto.
- la densità secca sugli strati finiti del corpo del rilevato dovrà risultare non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69).;
- il modulo di deformazione di ciascuno strato del corpo del rilevato, misurato mediante prova di carico su piastra, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 20 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146).
- Le scarpate dei rilevati dovranno essere inerbite (**par. 4.2.7**).

- L'ultimo strato del rilevato o supercompattato dovrà essere realizzato come riportato al **par. 4.2.6.**

N.B.:A ridosso delle opere d'arte si procederà come dagli elaborati di progetto con la fornitura e posa di misto cementato.

### 11.2.5. Trincee

11.2.5.1. Trincee ferroviarie

Gli scavi in trincea saranno eseguiti con le modalità di cui al punto scavi in genere.

Il terreno in situ, a fondo scavo, potrà essere utilizzato come piano di posa dello strato supercompattato unicamente se risulta appartenere ai gruppi A1, A3 (con coefficiente di disuniformità maggiore di 7) o A2-4, della classifica CNR-UNI 10006.

Esso dovrà essere costipato in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69). Il modulo di deformazione, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 40 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). In ogni caso, dopo la compattazione, il terreno del piano di posa dovrà avere caratteristiche tali da garantire, sulla sommità dello strato supercompattato, un modulo di 80 MPa, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa.

Se il terreno in situ non ha le caratteristiche di cui sopra, si dovrà effettuare la bonifica; il relativo rinterro dovrà essere eseguito secondo le modalità precedentemente descritte, con valore minimo del modulo di 20 MPa, per tutti gli strati che costituiscono la bonifica, ad eccezione dell'ultimo strato, e cioè quello che costituisce la superficie di appoggio del supercompattato, per il quale il valore minimo del modulo, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa, deve essere di 40 MPa.

Le scarpate dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel **par. 4.2.7.**

11.2.5.2.Trincee stradali

Gli scavi in trincea saranno eseguiti con le modalità di cui al punto scavi in genere.

Il terreno in situ, a fondo scavo, potrà essere utilizzato come piano di posa della sovrastruttura stradale unicamente se risulta appartenere ai gruppi A1, A2, A3 (con coefficiente di disuniformità maggiore di 7) della classifica CNR-UNI 10006.

Esso dovrà essere costipato in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69). Il modulo di deformazione, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 20 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146).

In ogni caso, dopo la compattazione, il terreno del piano di posa dovrà avere caratteristiche tali

da garantire, sulla sommità dello strato supercompattato, un modulo di 50 MPa, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa.

Se il terreno in situ non ha le caratteristiche di cui sopra, si dovrà effettuare la bonifica; il relativo rinterro dovrà essere eseguito secondo le modalità di cui al punto 2.3.b), con valore minimo del modulo di 20 Mpa.

Le scarpate dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel **par. 4.2.7**.

11.2.5.3.Trincea drenante disperdente

Gli scavi di tale trincea saranno eseguiti con le modalità di cui al punto scavi in genere.

Tali trincee disperdenti avranno uno sviluppo prevalentemente orizzontale e saranno costituite da un vespaio dello spessore opportuno costituito da pietrame calcareo informe (misto di cava lavato) con porosità n = 0.5.

E' onere dell'APPALTATORE, prima della fornitura e della posa in opera, sottoporre alla DIREZIONE LAVORI la certificazione ed analisi granulometrica dell'inerte drenante per la realizzazione della trincea disperdente soddisfacente le prescrizioni di progetto per la preventiva approvazione.

La dimensione della trincea drenante e desumibile dagli elaborati di progetto.

La trincea viene realizzata con materiale arido drenante, di idonea pezzatura (p.e. di pezzatura mista da 15 mm a 40/50 mm), opportunamente assestato con mestello meccanico avvolto in uno strato di tessuto non tessuto in polipropilene, di grammatura ≥ 200 g/mq, non intasabile, in modo da trattenere il fino, mantenendo inalterata la permeabilità all'acqua separandolo dal terreno in situ.

Il geotessile dovrà essere imputrescibile, resistente ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si instaurano nel terreno, all'azione dei microrganismi ed essere antinquinante.

Geotessile nontessuto agugliato da fiocco in poliestere, tipo GEOTEX R 200 o equivalente, per la separazione, la protezione, la filtrazione, il rinforzo in applicazioni di ingegneria civile e geotecnica.

Il geotessile dovrà avere una massa areica non inferiore a 200 g/mq (EN 9864), uno spessore sotto 2 kPa non inferiore a 1.0 mm (EN 9863), una resistenza a trazione L/T non inferiore a 1.0/1.0 kN/m (EN ISO 10319), una deformazione a rottura L/T non superiore a 80/90% (EN ISO 10319), una resistenza a punzonamento statico non inferiore a 0.2 kN (EN ISO 12236), un diametro del foro alla prova di punzonamento dinamico non superiore a 45 mm (EN ISO 13433), un diametro di filtrazione O90 non superiore a 100 micron (EN ISO 12956), una permeabilità normale al piano non inferiore a 98 l/s*m (EN ISO 11058).

Il materiale dovrà essere marchiato CE come richiesto dalle norme tecniche armonizzate recepite dal DPR 246 del 21/04/93 (regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE) e dal DPR 07/04/04 dovrà essere qualificato prima dell'impiego mediante le prove, da eseguire in funzione delle applicazioni.

La valutazione della conformità dei dati verrà effettuata tenendo conto dei dati medi indicati in scheda tecnica e delle tolleranze espresse sulle schede di marcatura CE.

L'accettazione del prodotto è subordinata alla presentazione alla DL della scheda tecnica del prodotto, del certificato di conformità CE alla norma indicata, del certificato di qualità aziendale del

produttore; la fornitura dovrà essere accompagnata dalla scheda CE del prodotto, dalla dichiarazione di conformità secondo UNI EN ISO 17050.
Il geotessile dovrà essere posato secondo le indicazioni progettuali.
Sono compresi sfridi, sormonti e quanto altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.
I valori di resistenza a trazione devono essere determinati in base alla norma EN 10319.

### 11.2.6. Strato "supercompattato" (Scudatura)

11.2.6.1. Strato "supercompattato" per rilevati e le trincee ferroviarie

La superficie costituente il piano di posa del ballast, sia in trincea che in rilevato, sarà realizzata mediante formazione di uno strato di stabilizzato di spessore non inferiore a 30 cm (spessore finito).
Per la realizzazione dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

a) Dovranno essere impiegate terreni delle categorie A1,A2-4 e A3 o una miscela di materiali granulari con l'eventuale aggiunta di legante naturale passante al setaccio 0.4 UNI.

   Il terreno utilizzato dovrà avere le seguenti caratteristiche:
   - dimensione non superiore a 71 mm, con forma non appiattita, allungata o lenticolare;
   - granulometria compresa in uno dei due fusi (A o B) della Norma CNR-UNI 10006 - Strati di fondazione con le relative limitazioni e tolleranze;
   - perdita in massa, determinata con la prova Los Angeles (CNR-BU n 34), eseguita sulle singole pezzature, non superiore al 50%;
   - equivalente in sabbia (CNR-BU n. 27), misurato sulla frazione passante al crivello 5, compreso tra 25 e 65. La DIREZIONE LAVORI si riserva la facoltà di variare il limite superiore dell'equivalente in sabbia in funzione delle caratteristiche del materiale. Con coefficiente di disuniformità maggiore di 7.

Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35, la DIREZIONE LAVORI richiederà in ogni caso, anche se la miscela contiene più del 60% in massa di elementi frantumati, la verifica dell'indice di portanza CBR di cui al successivo punto.

b) Indice di portanza CBR (CNR-UNI n. 10009), all'umidità ottima di costipamento, dopo quattro giorni di imbibizione di acqua eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25, non minore di 50.
   - la miscelazione del materiale e la posa in opera dovranno essere eseguite in maniera da garantire l'omogeneità della granulometria che deve sempre rientrare nel fuso scelto (CNR UNI 10006).

c) Se le miscele contengono oltre il 60% in massa di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione dovrà avvenire sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti punti.
d) Dovranno comunque essere esclusi terreni di natura pozzolanica od altri materiali piroclastici.
e) Il materiale dovrà essere messo in opera con un contenuto d'acqua (CNR-UNI 10008) prossimo all'ottimale; qualora il contenuto d'acqua si discosti di ± 2% dal valore ottimale, l'eventuale aggiunta di acqua avverrà mediante dispositivi spruzzatori e l'eventuale essiccamento avverrà per evaporazione.
f) Le operazioni di posa in opera e compattazione non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato

stesso. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'APPALTATORE.

g) Per il costipamento e la rifinitura saranno impiegati rulli vibranti semoventi. L'idoneità delle attrezzature e delle tecniche di costipamento verranno verificate con una prova sperimentale in situ impiegando i materiali risultanti dagli studi preliminari in un campo prova sul quale si eseguiranno le determinazioni del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra e della densità. Se la misura in situ riguarda materiale contenente fino al 25% in massa di elementi di dimensioni maggiori di 25 mm, la densità di riferimento (AASHTO modificata), ottenuta in laboratorio, dovrà essere aumentata in base alla formula:

$$dc = \frac{100}{\frac{100 - x}{da} + \frac{x}{pc}}$$

dove:
dc = densità corretta;
da = densità AASHTO modificata;
x = percentuale in massa degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm;
pc = Massa volumica reale degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm.
Rispetto al valore della densità cosi' aumentata si applicherà la prescrizione del 98%.
Se la percentuale degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm e' compresa tra il 25 % ed il 40 %, al termine x dovrà sempre essere assegnato il valore 25.

h) Dopo il costipamento, in ogni punto la densità secca non dovrà essere inferiore al 98% della massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69). Il modulo di deformazione Md, misurato in condizioni di umidità prossime a quella ottima di costipamento, mediante prova di carico su piastra non dovrà essere inferiore a 80 MPa al primo ciclo di carico e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146).

i) Sulla sommità dello strato supercompattato, per l'intera larghezza della piattaforma, subito dopo la compattazione, si dovrà intervenire con fitociti, antigerminali o anche taletossici.

11.2.6.2. Strato supercompattato per rilevati e le trincee stradali

La superficie costituente il piano di posa della sovrastruttura stradale, sia in trincea che in rilevato, sarà realizzata mediante formazione di uno strato di terra fortemente compattato di spessore non inferiore a 30 cm (spessore finito).

Per la realizzazione dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

a) Dovranno impiegarsi terreni appartenenti alle categorie A1, A2 e A3, con un coefficiente di disuniformità maggiore di 7.

b) In ogni punto la densità secca non dovrà essere inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69). Il modulo di deformazione Md, misurato in condizioni di umidità prossime a quella ottima di costipamento, mediante prova di carico su piastra non dovrà essere inferiore a 50 MPa al primo ciclo di carico e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146).

c) L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità ottima in funzione della densità

secondo la prova AASHTO modificata avverrà mediante dispositivi spruzzatori.

d) Le operazioni anzidette non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello stesso strato supercompattato. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'APPALTATORE.

### 11.2.7. Inerbimento

L'inerbimento verrà realizzato con uno strato di terreno vegetale umifero dello spessore di 30 cm, da stendere a cordoli orizzontali, opportunamente costipati, e ricavando, se necessario, gradoni di ancoraggio.

La semina dovrà essere eseguita con semi (di erbe ed arbusti tipo ginestra e simili), scelti in relazione al periodo di semina ed alle condizioni locali, sì da ottenere i migliori risultati. La semina dovrà, se necessario, essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

Si potrà anche provvedere all'inerbimento mediante altri sistemi, con specifiche approvate dalla DL.

Per le scarpate dei rilevati ferroviari e stradali, l'inerbimento verrà effettuato seguendo dappresso la costruzione del rilevato.

## 11.3. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

a) In merito alla individuazione dei materiali provenienti dagli scavi e riutilizzabili per la costruzione delle opere in terra, sarà cura ed onere dell'APPALTATORE, prima dell'inizio dei lavori, esperire una campagna di indagini allo scopo di fornire alla DIREZIONE LAVORI una esauriente documentazione sia per quanto attiene le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali che per quanto concerne la disponibilità in funzione delle esigenze quantitative e temporali derivanti dal programma di esecuzione dei lavori.
   Qualora i quantitativi dei materiali individuati fossero insufficienti alle esigenze di costruzione, sarà cura dell'APPALTATORE presentare anche un'analoga documentazione relativa alle cave di prestito.

b) L'APPALTATORE potrà aprire, a sua cura e spese, cave di prestito ovunque lo riterrà di sua convenienza, subordinatamente alle vigenti disposizioni di legge, all'idoneità dei materiali, nonché all'osservanza di eventuali disposizioni della DIREZIONE LAVORI; pertanto, in tale caso sarà sua cura ottenere dagli Enti competenti il benestare necessario.

c) La provenienza ed il tipo di materiale da utilizzare dovranno essere preventivamente comunicati alla DIREZIONE LAVORI;

d) Sarà cura dell'APPALTATORE provvedere all'aerazione ed alla fornitura dell'acqua necessaria per ottenere l'umidificazione ottimale, ai fini della compattazione, dei materiali utilizzati per i rinterri ed i rilevati.

e) In presenza di paramenti flessibili e murature laterali la compattazione a ridosso delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse.
   In particolare si dovrà evitare che i grossi rulli vibranti operino ad una distanza inferiore a 1.5 m. da opere preesistenti.

A ridosso dei manufatti l'APPALTATORE dovrà usare mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, rulli azionati a mano, provvedendo a garantire i requisiti di deformabilità e densità richiesti anche operando su strati di spessore ridotto. Nella formazione di tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi etc. si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici.

f) Sarà cura e spesa dell'APPALTATORE fare effettuare le prove in sito e di laboratorio previste nel presente CS ed ulteriori che la DIREZIONE LAVORI ritenesse necessarie per accertare la qualità del lavoro e dei materiali forniti.
g) Sarà cura dell'APPALTATORE provvedere al controllo e al contenimento di acque di falda e superficiali, provvedendo alla costruzione delle opere di drenaggio definitive ed alla realizzazione di tutte le opere provvisionali (well-point, deviazioni, aggottamenti, etc.) atte a garantire la qualità del lavoro da eseguire ed a garantire altresì il regolare deflusso delle acque.
h) Sarà cura dell'APPALTATORE, provvedere alla fornitura ed al trasporto dei materiali provenienti da cave di prestito, così come di quelli provenienti dagli scavi.
i) Nel caso in cui, in qualsiasi fase di lavoro, siano rinvenuti oggetti o materiali di valore od oggetti tutelati dalle leggi vigenti, l'APPALTATORE dovrà dare immediata comunicazione alla DIREZIONE LAVORI.
   Tutti i materiali non appartenenti alla tipologia di cui sopra resteranno di proprietà dell'APPALTATORE.
j) Sarà onere dell'APPALTATORE provvedere alla profilatura delle scarpate, delle banchine e dei cigli ed alla costruzione degli arginelli se previsti, nonché alla maggiorazione delle dimensioni di progetto dei rilevati, per tener conto dell'assestamento delle terre, affinché all'epoca del collaudo i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle previste nel progetto esecutivo.
k) Sarà onere dell'APPALTATORE il trasporto e lo smaltimento a discarica autorizzata di tutto il materiale di risulta (non idoneo al riutilizzo o comunque esuberante) proveniente dagli scavi o da scarti di vagliatura del materiale accantonato per il riutilizzo, secondo la normativa vigente.
l) Prima dell'inizio dei lavori l'APPALTATORE dovrà verificare a propria cura e spese, con indagini dirette, d'intesa con gli Enti proprietari e/o gestori, la posizione dei sottoservizi interferenti, segnalati e non, con le infrastrutture ferroviarie o posti in vicinanza delle opere da eseguire. Pertanto l'APPALTATORE resta totalmente responsabile dei danni causati a detti sottoservizi, anche qualora la loro ubicazione non risulti conforme o mancante rispetto a quanto indicato nel progetto definitivo del Committente.
m) Tutte le soggezioni e cautele imposte all'impiego di mezzi d'opera nelle aree interessate dai sottoservizi, ivi comprese le opere provvisionali di protezione dei sottoservizi stessi, sono a carico dell'APPALTATORE e sono comprese e compensate nei prezzi del Contratto.
n) L'APPALATORE è tenuto a coordinare le proprie attività e le modalità esecutive dei lavori con le attività di deviazione e sistemazione dei servizi interferenti con le opere oggetto del presente appalto, quando le suddette attività di deviazione e sistemazione sono eseguite, in tutto o in parte, dagli Enti titolari dei servizi stessi.
o) Prima della eventuale realizzazione delle opere per l'esecuzione delle deviazioni e sistemazioni, sia provvisorie sia definitive, l'APPALTATORE dovrà tenere conto degli accordi, compresi quelli a carattere generale, presi dalla Committenza con i suddetti Enti o privati, nonché delle autorizzazioni eventualmente già acquisite.
p) Sarà cura dell'APPALTATORE, durante le fasi di esecuzione della Bonifica Bellica Superficiale

e/o profonda, di provvedere alla verifica della esistenza degli enti interferenti e provvedere ad adottare ogni precauzione per prevenire ogni forma di danneggiamento (a titolo esemplificativo e non esaustivo l'esecuzione delle operazioni di prospezione con assistenza di operatori a supporto);

q) Sarà cura dell'APPALTATORE, durante tutte le fasi di lavorazione, provvedere alla protezione e conservazione dei manufatti esistenti ed all'eventuale ricostruzione, in caso di danneggiamento o temporanea rimozione, nello stato in cui si trovavano prima della effettuazione dei lavori.

r) Sarà cura dell'APPALTATORE provvedere alla pulizia, manutenzione, innaffiatura e ripristino del manto stradale, sia relativamente alle strade di cantiere che alla viabilità esterna, in modo da preservare l'integrità delle superfici stradali percorse dai mezzi dell'APPALTATORE e di garantire costantemente la percorribilità delle strade anche in relazione agli aspetti concernenti la sicurezza.

s) Sarà cura dell'APPALTATORE programmare i lavori conformemente alle fasi costruttive previste in progetto e verificare che i dati provenienti dal monitoraggio in corso d'opera siano rispondenti a quelli previsti in progetto. Nel caso in cui si verifichino delle differenze, dovrà essere tempestivamente informata la DIREZIONE LAVORI. Sarà inoltre onere dell'APPALTATORE raccogliere e consegnare alla DIREZIONE LAVORI i dati del monitoraggio, con cadenza almeno mensile.

t) L'APPALATORE dovrà tenere conto dei tempi e delle modalità esecutive connesse agli spostamenti dei sottoservizi realizzati dagli Enti erogatori, delle eventuali procedure espropriative e di occupazione temporanea, degli sgomberi e delle acquisizioni degli immobili di proprietà di terzi (ove previsti), delle procedure di sgombero di quelli di proprietà ferroviaria e quindi della disponibilità delle aree occorrenti;

## 11.4. CONTROLLI

### 11.4.1. Prescrizioni generali

L'incidenza delle prove base deve ritenersi come livello minimo; tale incidenza dovrà essere incrementata in ragione della discontinuità granulometrica dei materiali portati a rilevato o rinterro e della variabilità nelle procedure di compattazione.

L'APPALTATORE dovrà fare eseguire le prove di controllo tramite un laboratorio approvato dalla DIREZIONE LAVORI, autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti ai sensi dell'art.59 del DPR 380/2001 così come previsto dalle norme Tecniche delle Costruzioni del 14.01.2008.

Il personale addetto dovrà essere di provata esperienza ed affidabilità; il numero dei tecnici nonché quello delle attrezzature effettivamente disponibili dovrà essere tale da poter esperire le prove in sito ed in laboratorio con tempestività, continuità e con le frequenze previste.

Prima di iniziare i lavori l'APPALTATORE dovrà trasmettere alla DIREZIONE LAVORI l'elenco del personale, delle attrezzature di prova nonché i certificati di calibrazione e taratura delle apparecchiature; durante i lavori l'esito delle prove dovrà essere trasmesso tempestivamente su appositi moduli.

**Tutti gli oneri conseguenti alla effettuazione e certificazione delle prove sia in sito che in laboratorio di cui al presente articolo e quelle che verranno richiesta dalla DL per verificare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali impiegati devono intendersi a totale carico dell'APPALTATORE.**

Le prove saranno eseguite presso il laboratorio, qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DIREZIONE LAVORI, autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001.

Per le prove in situ, su ciascun certificato dovrà essere chiaramente indicato:

- l'opera di riferimento
- le caratteristiche identificative del lotto testato
- la data di esecuzione del test
- i risultati ottenuti
- il nome e firma del controllore

Per le prove di piastra su ciascun certificato dovrà essere chiaramente indicato:

- l'opera di riferimento
- la provenienza del materiale testato, con indicazione del lotto o qualsiasi altro elemento identificativo;
- il nominativo dell'operatore che ha eseguito la prova;
- data e luogo della prova;
- visto di chi ha approvato l'emissione del certificato;

L'esito di tutte le prove e di tutti i controlli effettuati dovrà essere trasmesso alla DIREZIONE LAVORI.

La DIREZIONE LAVORI potrà indicare, a sua discrezione, i punti per il campionamento dei materiali e per l'esecuzione delle prove in situ.

### 11.4.2. controlli sugli scavi

11.4.2.1. Scavi a mano o a macchina

Sono richiesti i seguenti controlli:

*11.4.2.1.1. Controllo della geometria*

Questo controllo sarà eseguito dall'APPALTATORE durante l'esecuzione di ogni singolo scavo o lotto di scavo (scavo di trincee e piani di posa delle opere in terra) ed in ogni caso con la frequenza necessaria affinché gli scavi siano eseguiti secondo le pendenze, le dimensioni, lo stato delle superfici e le quote di progetto.

I risultati delle verifiche finali saranno annotati con la data e la firma del verificatore sull'apposita scheda concordata con la DIREZIONE LAVORI.

*11.4.2.1.2. Controllo della densità secca*

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per ciascuna tipologia di opera in terra.

La prova in oggetto sarà effettuata quando all'APPALTATORE è richiesto di effettuare lavori di compattazione sul fondo dello scavo.

La prova sarà eseguita su ogni singolo scavo, se di dimensioni inferiori a 1000 m2 o su lotti di scavo di 1000 m2 .

*11.4.2.1.3. Controllo del modulo di deformazione*

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli rispettivamente richiesti per ciascuna tipologia di opera in terra.

La prova in oggetto sarà effettuata quando all'APPALTATORE è richiesto di effettuare lavori di compattazione sul fondo dello scavo.

La prova sarà eseguita su ogni singolo scavo, se di dimensioni inferiori a 1000 m2. o su lotti di scavo di 1000 m2.

11.4.2.2.Scavi con esplosivi

Lo scavo con uso di esplosivi dovrà essere eseguito secondo quanto riportato negli elaborati grafici, dove sono indicati il posizionamento delle cariche, la quantità di carica in ogni foro e completati con una relazione esplicativa in cui sia chiaramente documentata la necessità dell'uso dell'esplosivo, la quantità previste e le modalità esecutive.

Per questo tipo di scavi sono richiesti:

- La verifica del rilascio dei permessi da parte delle autorità competenti.
- La verifica della qualifica del personale addetto al maneggio degli esplosivi.

Entrambe queste documentazioni , in copia, saranno conservate dall'APPALTATORE in prossimità dei luoghi di lavoro a disposizione della DIREZIONE LAVORI e delle Autorità preposte.

**11.4.3. controlli sui rinterri**

11.4.3.1.Controllo sui materiali

Prima della posa in opera dei materiali da utilizzare dovrà essere controllato che essi appartengano alle classi ritenute idonee per il tipo di rinterro da effettuare. Il controllo dovrà essere effettuato con le seguenti frequenze minime:

materiale proveniente da scavo :

- una prova ogni 3.000 mc.

materiale proveniente da cava :

- si effettueranno prove in campo e il materiale dovrà provenire da cava qualificata dall'APPALTATORE e accompagnato da relativo certificato (per ogni lotto omogeneo di materiale) emesso dalla cava, attestante la specifica ed i controlli sulla qualità del materiale. Il controllo sulla tipologia del materiale si ridurrà quindi al controllo del certificato.

11.4.3.2.Controllo della densità secca

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per ciascuna tipologia di opera in terra.

Per ciascuno strato di bonifica, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 mc, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato; per ciascuno strato di riempimento di scavi, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 mc, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

11.4.3.3.Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli rispettivamente richiesti per ciascuna tipologia di opera in terra.

Per ciascuno strato di bonifica, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 mc, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato; per ciascuno strato di riempimento di scavi, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 mc, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

11.4.3.4.Controllo dello spessore degli strati

Si dovrà misurare lo spessore dello strato di materiale da compattare (materiale sciolto) e controllare che siano rispettati i valori previsti nei paragrafi precedenti.
Il controllo dovrà essere effettuato per ogni strato steso e almeno ogni 200 m.

### 11.4.4. Controlli dei rilevati Ferroviari

Gli scavi del terreno al disotto del piano di campagna dovranno essere effettuati con le modalità già esposte al par. 5.2.2, ed i controlli secondo quanto riportato al par. 5.5.

11.4.4.1.Controlli sui materiali

Piano di posa

I materiali utilizzati nel caso della bonifica del piano di posa del rilevato o di riempimento, per raggiungere la quota del piano di posa del rilevato, verranno controllati secondo quanto illustrato precedentemente.

L'APPALTATORE provvederà a far sì che il piano di posa dei rilevati sia il più possibile regolare, privo di bruschi avvallamenti e tale da evitare il ristagno di acque piovane, provvedendo al riempimento delle buche effettuate nelle operazioni di estirpamento delle radici delle piante.

Tale riempimento dovrà essere effettuato con materiale idoneo (aggregati naturali, riciclati o misti) di caratteristiche simili a quelli di riempimento degli scavi di scotico e di bonifica, messo in opera a strati di conveniente spessore e compattato.

Il piano di posa dei rilevati, costipato mediante rullatura, dovrà essere approvato previa ispezione e controllo da parte della DIREZIONE LAVORI; in quella sede la DIREZIONE LAVORI, in accordo con il Progettista, potrà richiedere ulteriori scavi di sbancamento (bonifica) per rimuovere eventuali materiali a grana fine, teneri o torbosi o materiali rimaneggiati/rammolliti per negligenza da parte dell'APPALTATORE, ciò al fine di sostituirli con aggregati naturali, riciclati o misti, idonei, messi in opera per strati di conveniente spessore, compattati ed in grado di garantire il raggiungimento delle caratteristiche dei piani di posa.

Laddove una maggiorazione di scavo sarà da imputarsi ad errori topografici, alla necessità di asportare quei materiali rimaneggiati o rammolliti per negligenza dell'APPALTATORE o a bonifiche non preventivamente autorizzate dalla DIREZIONE LAVORI, l'APPALTATORE eseguirà detti scavi e il relativo riempimento con materiali idonei di caratteristiche simili a quelli di riempimento degli scavi di scotico e di bonifica, a sua cura e spese.

11.4.4.2.Corpo del rilevato

Per verificare l'accettabilità dei materiali utilizzati per il primo strato del corpo del rilevato (anticapillare, qualora previsto in progetto) e per tutto il corpo del rilevato, i controlli verranno effettuati come di seguito indicato.

- Per i materiali **provenienti da cave**, precedentemente qualificate dall'APPALTATORE, l'accettazione è subordinata alla presentazione del dossier di qualifica della cava, completo dei certificati di qualifica (marcatura CE) del materiale stesso ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI. In questo caso il controllo per la rispondenza dei requisiti dei materiali si ridurrà quindi al controllo del certificato.

  Nel caso di impiego di materiali di natura diversa di quelli approvati in sede di qualificazione del materiale la DIREZIONE LAVORI deciderà l'effettuazione del tipo e quantità di prove da effettuare.

- Per materiali **provenienti da scavo** le prove avverranno sullo scavo di approvvigionamento, con una frequenza di una prova ogni 3000 m3 di materiale scavato, ed in ogni caso ogni qualvolta cambi la tipologia del materiale scavato. I materiali provenienti dagli scavi dovranno essere caratterizzati dal punto di vista della compatibilità ambientale, a cura e spese dell'APPALTATORE, in accordo con la normativa vigente (DLgs 152/2006 e s.m.i.).

- Nel caso di **impiego di rocce tufacee**, all'atto della posa in opera dei rilevati dovrà essere controllato, mediante setacciatura, che i materiali con pezzatura compresa tra 7.1 e 25 cm siano presenti nella percentuale ammessa. Il controllo verrà effettuato con frequenza minima di almeno 1 ogni 3000 m3.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo paragrafo.

11.4.4.3.Controlli sul contenuto d'acqua dei materiali

Per il corpo del rilevato, prima della compattazione, dovrà essere determinato (CNR-UNI 10008) il contenuto d'acqua del materiale da utilizzare, e confrontato con i limiti stabiliti. Nel caso ci sia la necessità di variarlo, mediante l'aggiunta di acqua o mediante evaporazione, la determinazione del contenuto d'acqua verrà ripetuta anche dopo le suddette operazioni.

La frequenza dei controlli sarà di 1 ogni 10000 mc e comunque almeno 1 ogni strato da compattare.

11.4.4.4.Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati

Si dovranno misurare gli spessori massimi degli strati stesi, prima della loro compattazione e controllare che non siano superiori a quelli indicati per questo tipo di opera.

Si controllerà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia quella di progetto e che le scarpate dei rilevati mantengano pendenze non superiori a quelle riportate in progetto.

I sopracitati controlli saranno effettuate per ogni strato e almeno 1 per ogni 1000 mq.

11.4.4.5.Controlli sulla densità secca

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta rispettivamente per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato .

Per il **piano di posa** dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 4000 $m^2$, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per lo **strato anticapillare** e per il **corpo del rilevato** dovrà essere eseguita, sia sul bordo sia al centro del rilevato stesso, almeno 1 prova ogni 2000 $m^2$, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Nel caso di utilizzo, preventivamente approvato, di frammenti di roccia, non verrà effettuata la prova per la determinazione della densità secca.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo paragrafo.

11.4.4.6.Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato.

Per il **piano di posa** dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 4000 m2, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per lo **strato anticapillare** e per il **corpo del rilevato** dovrà essere eseguita, sia sul bordo sia al centro del rilevato stesso, almeno 1 prova ogni 2000 $m^2$, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo paragrafo.

11.4.4.7.Controllo della geometria del rilevato

Dovranno essere misurate, su tutta la lunghezza dei rilevati, l'altezza del rilevato, la larghezza delle banchine (se presenti) e la differenza di quota banchina-ciglio del rilevato o altra banchina, e verificare che siano conformi al progetto.

11.4.4.8.Controllo dell'inerbimento delle scarpate del rilevato

Dovrà essere controllato lo spessore dello strato di terreno vegetale umifero, l'eventuale realizzazione di gradoni di ancoraggio e l'uniformità dell'inerbimento.

Il materiale scavato relativo agli strati di scotico e di bonifica, dovrà essere trasportato a deposito autorizzato o, se idoneo, riutilizzato per opere di riambientalizzazione e/o come terreno vegetale per la finitura delle scarpate, e secondo i disposti della normativa vigente.

Il quantitativo da reimpiegarsi nella sistemazione a verde delle scarpate sarà accantonato in località e con modalità autorizzate dalla DIREZIONE LAVORI; il deposito temporaneo di detti materiali dovrà comunque consentire il regolare deflusso delle acque e risultare tale che non si abbiano a verificare condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica.

I controlli dovranno essere effettuati su entrambe le scarpate con una frequenza di 1 ogni 2000 $m^2$.

11.4.4.9.Monitoraggi

Dovranno essere effettuate tutte le misure di controllo previste nei punti precedenti in corso d'opera, con le frequenze indicate in progetto. I dati dovranno essere comunicati alla DIREZIONE LAVORI, mediante una relazione nella quale sono messe a confronto le previsioni di progetto, fino alla data di redazione della redazione e tutte le misure effettuate nella stessa data. Detta relazione dovrà essere redatta con la frequenza riportata in progetto e comunque non superiore a 30 giorni.

### 11.4.5. Controllo di rilevati a ridosso di opere d'arte

11.4.5.1.Controllo della densità secca

La frequenza delle prove sarà in ragione di una prova ogni strato posto in opera di misto cementato e di A1.

11.4.5.2.Controllo del modulo di deformazione

La frequenza delle prove sarà in ragione di una prova ogni strato posto in opera di misto cementato e di A1.

11.4.5.3.Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati

Si dovranno misurare gli spessori massimi degli strati stesi, prima della loro compattazione e controllare che non siano superiori a quelli indicati per questo tipo di opera.

Si controllerà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia quella di progetto e che le scarpate dei rilevati mantengano pendenze non superiori a quelle riportate in progetto.

I sopracitati controlli saranno effettuati per ogni strato e almeno 1 per ogni 1000 mq.

### 11.4.6. Controllo dei rilevati stradali

Per i rilevati stradali valgono le stesse prescrizioni previste per il controllo dei rilevati ferroviari.

### 11.4.7. Controlli sulle trincee Ferroviaria

Gli scavi del terreno al disotto del piano di campagna dovranno essere effettuati con le modalità ed i controlli di cui al punto controlli sugli scavi.

11.4.7.1.Controlli sui materiali

Piano di posa

I materiali utilizzati nel caso della bonifica del piano di posa dello strato supercompattato, verranno controllati secondo quanto previsto nel **par. 4.4.9.**

11.4.7.2.Controlli sulla densità secca

Dopo la compattazione del piano di posa o di ciascuno strato di terra che costituisce la bonifica si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per questo tipo di opera.

I controlli dovranno essere eseguiti con una frequenza di almeno 1 prova ogni 1000 $m^2$, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

11.4.7.3.Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione del piano di posa o di ciascuno strato di terra che costituisce la bonifica si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per questo tipo di opera.

I controlli dovranno essere eseguiti con una frequenza di almeno 1 prova ogni 1000 $m^2$, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

11.4.7.4.Monitoraggi

Dovranno essere effettuate tutte le misure di controllo previste nei punti precedenti in corso d'opera, con le frequenze indicate in progetto. I dati dovranno essere comunicati alla DIREZIONE LAVORI, mediante una relazione nella quale sono messe a confronto le previsioni di progetto, fino alla data di redazione della redazione e tutte le misure effettuate nella stessa data. Detta relazione dovrà essere redatta con la frequenza riportata in progetto e comunque non superiore a 30 giorni.

### 11.4.8. Controllo sulle trincee stradali

Per le trincee stradali valgono le stesse prescrizioni delle trincee ferroviarie di cui al **par. 4.4.7.**

### 11.4.9. Controllo sullo strato supercompatto

11.4.9.1.Controlli sui materiali

Il materiale in opera dovrà presentarsi uniformemente miscelato, privo di segregazione dei suoi costituenti.

Per verificare l'accettabilità dei materiali utilizzati, i controlli della granulometria del materiale, della determinazione del C.B.R., della prova Los Angeles, del coefficiente di disuniformità e dell'equivalente in sabbia, verranno effettuati in cave precedentemente qualificate dall'APPALTATORE; l'accettazione è subordinata alla presentazione del dossier di qualifica della cava, completo dei certificati di qualifica (marcatura CE) del materiale stesso ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI. In questo caso i controlli per la rispondenza dei requisiti dei materiali si ridurranno al controllo del certificato.

L'equivalente in sabbia dovrà essere determinato anche dopo il costipamento, presso il laboratorio, qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DIREZIONE LAVORI, o, in sito, dal personale dello stesso laboratorio qualificato; l'esito di ciascuna prova verrà riportato su un apposito certificato.

Queste prove verranno effettuate con una frequenza minima di 1 prova ogni 1000 m3.

11.4.9.2.Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati

Si dovrà misurare lo spessore massimo dello strato e verificare che non sia inferiore a quelli di progetto, con una tolleranza di più o meno del 5%, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

Si controllerà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia quella di progetto. La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm controllato con un regolo di m 4,50 di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

I sopracitati controlli saranno effettuati con una frequenza di almeno 1 per ogni 1000 m2.

11.4.9.3.Controlli sulla densità secca

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta.

La frequenza dei controlli dovrà essere almeno 1 prova ogni 1000 m2, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

11.4.9.4.Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato.

Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 m2, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

## 11.5. NORMATIVE RICHIAMATE NEL TESTO

- CNR B.U. n° 27 Metodo di prova per la misura dell'equivalente in sabbia
- CNR B.U. n°29 Norme sui misti cementati
- CNR B.U. n° 34 Determinazione della perdita in peso per abrasione di aggregati lapidei con l'apparecchio Los Angeles
- CNR B.U. n° 69 Norme sui materiali stradali. Prova di costipamento di una terra
- CNR B.U. n° 146 Determinazione del modulo Md e m'd mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare
- CNR - UNI 10006 Tecnica d'impiego delle terre
- CNR - UNI 1008 Umidità di una terra.

# 12. OPERE DI CONGLOMERTATO CEMENTIZIO

## 12.1. SCOPO, CAMPO DI APPLICAZIONE, ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI

### 12.1.1. Scopo

Le presente sezione di capitolato è relative ai conglomerati cementizi. Nel seguito vengono definite le caratteristiche prestazionali ammissibili per le miscele e le modalità esecutive applicabili.

### 12.1.2. Campo di applicazione

Le prescrizioni si applicano ai soli calcestruzzi confezionati con aggregati normali e definiti, secondo la UNI EN 206:2006 [4] e UNI 11104:2004 [5], con struttura chiusa.

Le prescrizioni si applicano al calcestruzzo per strutture gettate in sito, prefabbricate, confezionato in impianto localizzato o in cantiere o all'esterno dello stesso o in stabilimento di prefabbricazione, e ai componenti strutturali di edifici e opere in cui venga utilizzato calcestruzzo non armato, armato o precompresso.

I controlli descritti nei successivi paragrafi e le relative prescrizioni riguardanti eventuali carenze e/o Non Conformità, si dovranno integralmente applicare alle opere per la cui realizzazione è previsto l'impiego di almeno 300 m3 di calcestruzzo. Per quantità complessive di calcestruzzo minori di tale limite verranno effettuati i soli controlli previsti dalle norme di legge vigenti.

### 12.1.3. Oneri per l'esecuzione delle prove

Al fine di verificare la rispondenza delle opere eseguite alle specifiche e agli standard prefissati, l'APPALTATORE deve eseguire o far eseguire a sua cura e spese tutte le prove e i controlli previsti dalle presenti prescrizioni, nonché quelli integrativi richiesti dal Direttore dei Lavori in base a motivate esigenze tecniche, ovvero dal Collaudatore Statico e/o dalla Commissione di Collaudo.

Per tutti i tipi di prova l'APPALTATORE dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, predisporre le eventuali opere provvisionali e i ponteggi in quantità e tipologie adeguate all'esecuzione delle prove medesime, nel rispetto delle garanzie di sicurezza durante le fasi operative. Resta inteso che il ripristino integrale delle parti d'opera interessate da prove e prelievi è da intendersi a carico dell'APPALTATORE e deve essere eseguito con idonei materiali indicata in apposita procedura approvata dal Direttore dei Lavori.

**Tutti gli oneri diretti e indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni, compresi quelli necessari per il prelievo, confezionamento, trasporto dei campioni di materiali da sottoporre a prove fisiche–chimiche-meccaniche, nonché i costi di esecuzione di queste ultime a cura di Laboratori Ufficiali o Autorizzati, si intendono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.**

L'APPALTATORE dovrà assicurare, nel rispetto delle norme di sicurezza, la completa accessibilità sia alle opere da collaudare che agli strumenti di misura, pertanto nel caso di esecuzione di opere che, per effetto di operazioni successive, risultassero inaccessibili o comunque non più ispezionabili, prima di procedere con le operazioni successive, l'APPALTATORE deve darne informazione al Direttore dei Lavori nei tempi previsti per effettuare il controllo. Nel caso in cui l'APPALTATORE non ottemperi a quanto sopra, per poter eseguire le previste constatazioni il Direttore dei Lavori può richiedere a cura e spese dell'APPALTATORE la messa a nudo delle parti occultate o che vengano rese comunque accessibili le porzioni d'opera preventivamente non ispezionate.

Per consentire l'esecuzione delle prove previste ai paragrafi successivi in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'APPALTATORE dovrà fare riferimento a uno o più laboratori attrezzati. Le prove previste ai sensi della Legge 1086 [1] e relativi decreti di attuazione dovranno essere effettuate solo presso Laboratori Ufficiali o Autorizzati di cui all'art.59 del DPR n.380/2001.

Nel caso in cui l'APPALTATORE voglia avvalersi di un laboratorio di cantiere deve sottoporre alla verifica ed approvazione della DIREZIONE LAVORI la documentazione riguardante l'attrezzatura ed il personale sufficientemente adeguato al numero e tipo di prove da eseguire.

### 12.1.4. Preavvisi

Nel caso d'esecuzione di opere che, per effetto di operazioni successive, risultassero inaccessibili o comunque non più ispezionabili, prima di procedere con le operazioni successive l'APPALTATORE dovrà darne informazione al Direttore dei Lavori; nel caso in cui l'APPALTATORE non ottemperi a quanto sopra, il Direttore dei Lavori potrà richiedere, a cura e spese dell'APPALTATORE, la messa a nudo delle parti occultate o che vengano rese comunque accessibili le opere preventivamente non ispezionate.

## 12.2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le presenti prescrizioni si intendono integrative delle Norme Tecniche vigenti emanate in applicazione all'art.21 della legge n.1086 del 05/11/1971 e delle norme di legge vigenti in merito a leganti, aggregati, acqua di impasto ed additivi nonché delle relative Norme UNI. Per l'accettazione dei materiali si applica la normativa vigente così come esplicitata dalla Circolare del Ministero delle Infrastrutture del 05.08.2009.

## 12.3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 12.3.1. Cemento

Per i manufatti strutturali potranno essere impiegati unicamente i cementi provvisti di attestato di conformità CE – rilasciato da un organismo europeo notificato - che soddisfino i requisiti previsti dalla norma UNI EN 197-1:2006. [7] che soddisfino i requisiti di accettazione previsti nella Legge 26/5/1965 n°595 [8] la cui classificazione è riportata in **Appendice 1** con esclusione del cemento alluminoso e dei cementi per sbarramenti di ritenuta.

Nello stesso paragrafo si riporta la classificazione dei cementi in funzione della loro resistenza ai solfati e al dilavamento secondo quanto previsto dalle norme UNI 9156 e 9606; tali cementi saranno

d'obbligo nel caso in cui sia prevista una classe di esposizione XA, secondo le indicazioni della norma UNI EN 206 e UNI 11104.

Qualora vi sia l'esigenza di eseguire getti massivi, al fine di limitare l'innalzamento della temperatura all'interno del getto in conseguenza della reazione di idratazione del cemento, sarà opportuno utilizzare cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH contemplati dalla norma UNI EN 197-1:2006.

Il cemento dovrà provenire da impianti di produzione in grado di garantire la continuità e la costanza della qualità della fornitura del tipo di cemento richiesto. I cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati secondo quanto previsto nella Norma UNI EN 197-1 [7] e, per quanto applicabile, nel D.M. 126 del 9/3/88 [10].

Su richiesta del Direttore dei Lavori l'APPALTATORE dovrà consegnare copia delle bolle di accompagnamento di tutte le singole forniture di cemento approvvigionate all'impianto.

I requisiti meccanici, chimici e fisici del cemento dovranno essere controllati dall'APPALTATORE per mezzo di prelievi, in contraddittorio con il fornitore. Il prelievo del cemento dovrà avvenire al momento della consegna in conformità alla norma UNI EN 196-7.

Copia di tutti i certificati di prova dovrà essere consegnata al Direttore dei Lavori.

In caso di ambienti chimicamente aggressivi si dovrà far riferimento a quanto previsto nelle Norme UNI 9156 [6] e UNI 9607 [9] e nei successivi paragrafi.

**Tabella 5.3.1** – Cemento

| Caratteristiche | Prova | Frequenza delle prove |
|---|---|---|
| **Fisico-chimico-meccaniche** | Legge 595/65 [8] e DM 13/9/1993 [11] | - Alla qualificazione<br>- A ogni cambio di fornitore<br>- Ogni 500 t in corso d'opera (*) |
| **Contenuto di $C_3A$ e di ($C_4AF+2C_3A$)(**)** | Determinazione secondo UNI 9607 [9] o con analisi quantitativa diffrattometrica ai raggi X (QRxD) | |

(*) Ogni 5.000 t se per ciascun cemento utilizzato l'APPALTATORE consegnerà mensilmente al Direttore dei Lavori un certificato del cementificio che riporti il valore medio, lo scarto quadratico medio e il rango di ciascun requisito previsto dalla Norma UNI EN 197/1a [7] relativi alle prove del mese precedente.

(**) Solo nel caso di ambienti chimicamente aggressivi

### 12.3.2. Aggiunte: ceneri volanti e microsilice

Così come previsto dal D.M. 14.02.2008 al p.to 11.2.9.3, nei calcestruzzi è ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulare d'altoforno e fumi di silice, purchè non ne vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali.

Eventuali aggiunte al calcestruzzo potranno essere eseguite se conformi alla Norma vigente (UNI EN 206-1:2006 e UNI 11104:2004; UNI EN 12620); particolare cura dovrà essere prestata alla loro influenza sulla richiesta d'acqua e sulla durabilità dell'opera.

Per le aggiunte di tipo I si farà riferimento alla norma UNI EN 12620.

Per le aggiunte di tipo II si farà riferimento alla UNI 11104 punto 4.2 e alla UNI EN 206-1 punto 5.1.6 e punto 5.2.5.

L'eventuale impiego di cenere volante o microsilice dovrà essere concordato in sede di prequalifica del materiale con la DIREZIONE LAVORI.

La conformità delle aggiunte alle relative norme dovrà essere dimostrata in fase di verifica preliminare delle miscele (controllo di conformità) e, in seguito, ogni qualvolta la D.L. ne faccia richiesta.

In caso di utilizzo di ceneri volanti e/o microsilice, come aggiunte in sostituzione della frazione fine delle sabbie, dovranno essere soddisfatte tutte le caratteristiche fisico-chimico-meccaniche dei conglomerati cementizi allo stato fresco ed indurito prescritte nei successivi punti. In nessun caso si terrà conto dell'aggiunta di tali prodotti nel computo del dosaggio di cemento e del rapporto A/C.

12.3.2.1.Ceneri volanti

Le ceneri volanti, costituenti il residuo solido della combustione di carbone dovranno provenire da centrali termoelettriche in grado di fornire un prodotto di qualità costante nel tempo e documentabile per ogni invio, e non contenere impurezze (lignina, residui oleosi, pentossido di vanadio, etc.) che possano danneggiare o ritardare la presa e l'indurimento del cemento.

Particolare attenzione dovrà essere prestata alla costanza delle loro caratteristiche.

ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi alla UNI EN 450-1 e provviste di marcatura CE in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata. Le ceneri non conformi alla UNI EN 450, ma conformi alla UNI EN 12620 possono essere utilizzate nel calcestruzzo come aggregato. Nella tabella che segue sono indicate le caratteristiche delle ceneri volanti previste dalle UNI EN 450:

| **Caratteristica** | **Unità di Misura** | **Limiti di accettazione** | **Tollerance** | **Frequenza prove (periodo di routine)** | **Frequenza prove (periodo iniziale per nuove ceneri)** |
|---|---|---|---|---|---|
| Perdita al fuoco (p.p.c.) (1 ora) UNI ENV 196/2 | % | Categoria A: ≤ 5,0<br>Categoria B: 2,0≤x≤7,0<br>Categoria C: 4,0≤X≤9,0 | + 2,0 | Ciascuna fornitura | Ciascuna fornitura |
| CI (cloruri) - UNI EN 196/21 | % | ≤ 0,1 | + 0,01 | 1/mese o 1000 t | 2/mese |

| Caratteristica | Unità di Misura | Limiti di accettazione | Tollerance | Frequenza prove (periodo di routine) | Frequenza prove (periodo iniziale per nuove ceneri) |
|---|---|---|---|---|---|
| $SO_3$ (anidride solforica) – UNI ENV 196/2 | % | ≤ 3,0 | + 0,5 | 1/meseo 1000 t | 2/mese |
| Ossido di calcio libero – UNI EN 451/1 | % | ≤ 2,5 | + 0,1 | - 1/settimana | 2/settimana |
| (*) Stabilità volumetrica (se l'ossido di calcio libero è compreso tra 1 e 2,5%) Prova le Chatelier UNI ENV 196-3 | mm | ≤ 10 | + 1,0 | 1/settimana o 200 t | 2/settimana |
| Trattenuto al vaglio da 45 micron UNI EN 451/2 | % | ≤ 40 | ± 10 | 1/mese | Settimanale |
| Massa Volumica Reale UNI ENV 196/6 | $t/m^3$ | val. medio dichiarato | ± 150 | 1/mese o 1000 t | bisettimanale |
| Indice di attività pozzolanica a 28 gg. Indice di attività pozzolanica a 90 gg. (UNI EN 196/1 – cemento di rif. CEM I) | % | ≥ 75<br>≥ 85 | - 5<br>- 5 | 2/settimana o 500 t | 4/mese |

Il dosaggio delle ceneri volanti non deve superare il 25% del peso del cemento.

Ai fini del calcolo del rapporto a/c equivalente il coefficiente k per le ceneri conformi alla UNI-EN 450, definito al punto 5.2.5.2 della UNI-EN 206-1 verrà desunto in accordo al prospetto 3 della UNI 11104, qui di seguito riportato per comodità.

*Valori del coefficiente k per ceneri volanti conformi alla UNI EN 450 (prospetto 3, UNI 11104)*

| Tipo di cemento | Classi di resistenza | Valori di k |
|---|---|---|
| CEM I | 32.5 N, R | 0.2 |
| CEM I | 42.5 N, R<br>52.5 N, R | 0.4 |
| CEM IIA | 32.5 N, R<br>42.5 N, R | 0.2 |
| CEM IIIA | 32.5 N, R<br>42.5 N, R | 0.2 |
| CEM IVA | 32.5 N, R<br>42.5 N, R | 0.2 |
| CEM VA | 32.5 N, R<br>42.5 N, R | 0.2 |

Ove sia richiesto l'uso dei cementi resistenti ai solfati con basso tenore di $C_3A$ (alluminato tricalcico) l'aggiunta non è consentita. La maggior richiesta d'acqua potrà essere compensata con un maggior dosaggio di additivo.

Nella progettazione del Mix design e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di ceneri praticata non comporti un incremento della richiesta di additivo, per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di ceneri maggiore dello 0,2%.

12.3.2.2. Microsilice (fumi di silice/silica fume)

Silice attiva colloidale amorfa, costituita da particelle sferiche isolate di SiO2 con diametro compreso tra 0,01 e 0,5 micron ottenuta da un processo di tipo metallurgico, durante la produzione di silice metallica o di leghe ferro-silicio, in un forno elettrico ad arco.

La silica fume può essere fornita allo stato naturale come ottenuta dai filtri di depurazione sulle ciminiere delle centrali a carbone oppure come sospensione liquida (slurry) di particelle con contenuto secco di 50% in massa oppure in sacchi di premiscelato contenenti fumo di silice e additivo superfluidificante. Se impiegato in forma di slurry il quantitativo di acqua apportato dalla sospensione contenente fumo di silice dovrà essere tenuto in conto nel calcolo del rapporto acqua/cemento equivalente.

Si dovrà porre particolare attenzione al controllo in corso d'opera del mantenimento della costanza delle caratteristiche granulometriche e fisico-chimiche che dovranno essere comprese entro i valori indicati nella tabella seguente:

| **Caratteristiche** | **Unità di misura** | **Limiti di accettazione** | | **Frequenza delle prove** |
|---|---|---|---|---|
| SIO2 | % | ≥ 85 | da 70 a 85 | trimestrale o 500 t |
| CaO | % | ≤ 1,2 | ≤ 20 | |
| Superficie specifica | $m^2/gr$ | da 20 a 35 | da 10 a 20 | |
| $AI_2O_3$ | % | ≤ 0,4 | | |
| $NA_2O + K_2O$ | % | ≤ 4,0 | | |
| CI | % | ≤ 0,2 | | |
| MgO | % | ≤ 0,9 | | |
| Carbone libero (da calcinazione) | % | ≤ 4,0 | | |
| Umidità (in forno a 106°C) | % | ≤ 1,0 | | |
| PH | - | 6,3 – 6,8 | | |
| $F_{e2}O_3$ | % | ≤ 0,3 | | |
| Massa volumica reale | $t/m^3$ | 2,1 – 2,4 | | |

In deroga a quanto riportato al punto 5.2.5.2.3 della norma UNI EN 206 la quantità massima di fumo di silice che può essere considerata agli effetti del rapporto acqua/cemento equivalente e del contenuto di cemento deve soddisfare il requisito:

- fumo di silice ≤ 7% rispetto alla massa di cemento.

Se la quantità di fumi di silice che viene utilizzata è maggiore, l'eccesso non deve essere considerato agli effetti del concetto del valore k.
Ai fini del calcolo del rapporto a/c equivalente il coefficiente k verrà desunto dal prospetto seguente che deve intendersi generalmente riferito a fumi di silice utilizzati nel confezionamento di calcestruzzi impiegando esclusivamente con cementi tipo I e CEM II-A di classe 42,5 e 42,5R conformi alla UNI EN 197-1:

- per un rapporto acqua/cemento prescritto ≤0,45 k = 2,0
- per un rapporto acqua/cemento prescritto >0,45 k = 2,0 (*)

*(*): per calcestruzzi soggetti alla carbonatazione ed ai cicli di gelo e disgelo (Classe XC o XF) K = 1,0.*

La quantità (cemento + k * quantità fumo di silice) non deve essere minore del dosaggio minimo di cemento richiesto ai fini della durabilità in funzione della classe (delle classi) di esposizione ambientale in cui la struttura ricade.

Il dosaggio minimo di cemento non deve essere diminuito più di 30 kg/m$^3$ per calcestruzzi in classi di esposizione per le quali il dosaggio minimo di cemento è ≤ 300 kg/m.

L'impiego di fumo di silice con cementi diversi da quelli sopramenzionati è subordinato all'approvazione preliminare della D.L.
La maggior richiesta d'acqua potrà essere compensata con un maggior dosaggio di additivo.

Nella progettazione del mix design e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di microsilice praticata non comporti un incremento della richiesta dell'additivo maggiore dello 0,2%, per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di silica fume.

I fumi di silice devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 13263-1.

### 12.3.3. Aggregati

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo, provenienti da vagliatura e trattamento di materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava, dovranno possedere marcatura CE secondo D.P.R. 246/93 e successivi decreti attuativi. dovranno, inoltre, avere caratteristiche conformi a quelle previste nelle Norme UNI EN 12620, UNI EN 13055-1, e UNI 8520-2 [13].
Il sistema di attestazione della conformità di tali aggregati, ai sensi del DPR n.246/93 è indicato nella tabella di seguito riportata.

**Tab. 5.3.3.a** – *Specifica Tecnica armonizzata di rifermento aggregati (Tab. 11.2.II - D.M. 14/01/2008)*

| Specifica Tecnica Europea armonizzata di riferimento | Uso Previsto | Sistema di Attestazione della Conformità |
|---|---|---|
| Aggregati per calcestruzzo UNI EN 12620 e UNI EN 13055-1 | Calcestruzzo strutturale | 2+ |

Le caratteristiche degli aggregati dovranno essere verificate:
- alla qualificazione;
- a ogni cambio di cava o del fronte di coltivazione della stessa cava;
- ogni 20.000 m3 di calcestruzzo confezionato.

Il Direttore dei Lavori potrà autorizzare frequenze diverse in funzione delle caratteristiche dei materiali utilizzati.

Sia le sabbie che gli aggregati grossi dovranno avere massa volumica reale non minore di 2.60 t/m3.

Per quanto riguarda gli aggregati esposti a rischio di reagire chimicamente con gli alcali contenuti nel cemento si farà riferimento a quanto previsto ai punti successivi.

Se gli aggregati provengono da frantumazione di materiale proveniente da scavi in sotterraneo (anche parzialmente) dovranno essere eseguite, oltre alle prove sopra indicate, le seguenti:
- giornalmente: la determinazione del contenuto di solfati e cloruri;
- settimanalmente: un'analisi mineralogica mirata a rilevare elementi potenzialmente reattivi agli alcali, integrata da prove di potenziale reattività in presenza di alcali.

Il Direttore dei Lavori potrà autorizzare frequenze diverse in funzione delle caratteristiche dei materiali utilizzati.

In attesa di specifiche normative sugli aggregati di riciclo è consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla **tab. 5.3.3.b** che segue, a condizione che la miscela di calcestruzzo confezionata con aggregati riciclati venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio. Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica saranno effettuate secondo i prospetti H1, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma UNI EN 12620; per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100 ton di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione.

**Tab. 5.3.3.b** – *Percentuali di impiego di aggregati di riciclo (Tab. 11.2.III - D.M. 14/01/2008)*

| Origine del materiale da riciclo | Classe del calcestruzzo | percentuale di impiego |
|---|---|---|
| demolizioni di edifici (macerie) | =C 8/10 | fino al 100 % |
| demolizioni di solo calcestruzzo e c.a. | ≤C30/37 | ≤ 30 % |
| | ≤C20/25 | Fino al 60 % |
| Riutilizzo di calcestruzzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati - da qualsiasi classe | | |

Al fine di individuare i requisiti chimico-fisici aggiuntivi rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, che gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali (meccaniche, di durabilità e pericolosità ambientale, etc.), nelle prescrizioni di progetto occorrerà fare specifico riferimento alla UNI 8520 parti 1 e 2.

Per quanto riguarda gli eventuali controlli di accettazione da effettuarsi a cura del Direttore dei Lavori, questi sono finalizzati almeno alla determinazione delle caratteristiche tecniche riportate nella **Tab. 5.3.3.c** I metodi di prova da utilizzarsi sono quelli indicati nelle Norme Europee Armonizzate citate, in relazione a ciascuna caratteristica.

**Tab. 5.3.3.c –** *Controlli di accettazione per aggregati per calcestruzzo strutturale (Tab.11.2.IV - D.M. 14/01/2008)*

| Caratteristiche tecniche |
|---|
| Descrizione petrografica semplificata |
| Dimensione dell'aggregato (analisi granulometrica e contenuto dei fini) |
| Indice di appiattimento |
| Dimensione per il filler |
| Forma dell'aggregato grosso (per aggregato proveniente da riciclo) |
| Resistenza alla frammentazione/frantumazione (per calcestruzzo Rck ≥ C50/60) |

### 12.3.4. Acqua d'impasto

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003.

### 12.3.5. Acciaio da cemento armato e da cemento armato precompresso

Per acciaio **per cemento armato** ( rif. 11.3.2 del D.M. 14.01.2008 ) è ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati e controllati secondo le procedure di cui al D.M.14-01-2008.

Si distinguono le seguenti tipologie:

- B450C ( rif. P.to 11.3.2.1 D.M.14-01-2008);
- B450A ( rif. P.to 11.3.2.2 D.M.14-01-2008);

E'generalmente prodotto in stabilimento sottoforma di barre o rotoli, reti o tralicci, per l'utilizzo diretto o come elementi di base per successive trasformazioni.

Prima della fornitura in cantiere gli elementi di cui sopra possono essere saldati, presagomati (staffe, ferri piegati, etc.) o preassemblati (gabbie di armatura,etc.) a formare elementi composti direttamente utilizzabili in opera.

La sagomatura e/o assemblaggio possono avvenire (rif. P.to 11.3.2.4 del D.M.14-01-2008):

- In cantiere, sotto la vigilanza della DIREZIONE LAVORI;
- In centri di trasformazione, solo se provvisti dei requisiti per norma previsti;

Tutti gli acciai devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentare l'aderenza al conglomerato cementizio.

Gli acciai ad aderenza migliorata possono essere impiegate in <u>barre</u>:

- tipo B450C per diametri $6\ mm \leq Ø \leq 40\ mm$;
- tipo B450A per diametri $5\ mm \leq Ø \leq 10\ mm$;

Mentre è ammesso l'impiego dell'acciaio in <u>rotoli:</u>

- tipo B450C senza limitazioni per diametri fino a $Ø \leq 16\ mm$;
- tipo B450A senza limitazioni per diametri fino a $Ø \leq 10\ mm$;

Per quanto concerne le reti e tralicci elettrosaldati valgono le disposizioni previste al p.to 11.3.2.5 del D.M.14-01-2008, secondo cui in particolare si distinguono:

- per reti e tralicci elettrosaldati realizzati con acciaio tipo B450C gli elementi base devono avere diametri che rispettano la seguente limitazione : $6\ mm \leq Ø \leq 16\ mm$;
- per reti e tralicci elettrosaldati realizzati con acciaio tipo B450A gli elementi base devono avere diametri che rispettano la seguente limitazione : $5\ mm \leq Ø \leq 10\ mm$.

Anche per l'acciaio **per cemento armato precompresso** ( rif. 11.3.3 del D.M. 14.01.2008 ) è ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati e controllati secondo le procedure di cui al D.M.14-01-2008.

L'acciaio per armature da precompressione è generalmente fornito sotto forma di:

- Fili : prodotto trafilato di sezione piena che possa fornirsi in rotoli;
- Barre : prodotto laminato di sezione piena che possa fornirsi soltanto in forma di elementi rettilinei;
- Treccia : 2o 3 fili avvolti ad elica intorno al loro comune asse longitudinale; passo e senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili della treccia;
- Trefoli : fili avvolti ad elica intorno ad un filo rettilineo completamente ricoperto dai fili elicoidali; passo e senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili di uno stesso strato.

I fili possono essere tondi o di altre forme; vengono individuati mediante il diametro nominale o il diametro nominale equivalente riferito alla sezione circolare equipesante.

Non è consentito l'impiego di fili lisci nelle strutture precompresse ad armature pre-tese.

Le barre possono essere lisce, a filettatura continua o parziale, con risalti; vengono individuate mediante il diametro nominale.

Per quanto riguarda la marchiatura dei prodotti, generalmente costituita da sigillo o etichettatura sulle legature, vale quanto indicato al § 11.3.1.4. del DM. 14.01.2008 .

Per la documentazione di accompagnamento delle forniture vale quanto indicato al § 11.3.1.5 del DM. 14.01.2008 .

Gli acciai possono essere forniti in rotoli (fili, trecce, trefoli), in bobine (trefoli), in fasci (barre).

I fili devono essere forniti in rotoli di diametro tale che, all'atto dello svolgimento, allungati al suolo su un tratto di 10 m non presentino curvatura con freccia superiore a 400 mm; il produttore deve indicare il diametro minimo di avvolgimento.

Ciascun rotolo di filo liscio, ondulato o con impronte deve essere esente da saldature.

Sono ammesse le saldature di fili destinati alla produzione di trecce e di trefoli se effettuate prima della trafilatura; non sono ammesse saldature durante l'operazione di cordatura.

All'atto della posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili, pieghe.

È tollerata un'ossidazione che scompaia totalmente mediante sfregamento con un panno asciutto. Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento.

Ognuno di questi prodotti deve rispondere alle caratteristiche richieste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M.14-01-2008 e dalla Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al DM 14 gennaio 2008", che specificano le caratteristiche tecniche-meccaniche che devono essere verificate, i metodi di prova, le condizioni di prova, i controlli obbligatori, i controlli di produzione in stabilimento e procedure di qualificazione, mantenimento e rinnovo della qualificazione, l'identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati, modalità di fornitura e documentazione di accompagnamento, le prove di qualificazione e verifiche periodiche della qualità, la definizione dei centri di trasformazione, controlli di accettazione in cantiere e il sistema per l'attestazione di conformità per gli acciai destinati alle costruzioni in cemento armato.

In generale i materiali ed i prodotti per uso strutturale, utilizzati nelle opere soggette alle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M.14-01-2008, devono essere:

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

Tutte le forniture di acciaio, provenienti dallo stabilimento di produzione (Produttore), devono essere accompagnate:

A) nel caso sussista l'obbligo della Marcatura CE
- da copia della Dichiarazione di conformità CE, riportante un timbro in originale con almeno la data di spedizione ed il destinatario;
- dal documento di trasporto con la data di spedizione ed il riferimento alla quantità, al tipo di acciaio, al destinatario.

B) nel caso non sussista l'obbligo della Marcatura CE
- dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale, riportante un timbro in originale con almeno la data di spedizione ed il destinatario;
- dal documento di trasporto con la data di spedizione ed il riferimento alla quantità, al tipo di acciaio, alle colate, al destinatario.

Gli stabilimenti di produzione (Produttori) di acciai qualificati, caso B, non sono tenuti ad allegare alle forniture copia dei Certificati rilasciati dal Laboratorio incaricato che effettua i

controlli periodici di qualità. Si precisa infatti, al riguardo, che i predetti Certificati non sono significativi ai fini della fornitura, trattandosi di documenti riservati al Servizio Tecnico Centrale per i controlli semestrali nell'ambito del mantenimento e rinnovo della qualificazione.

Tali Certificati, peraltro, non possono sostituire i Certificati relativi alle prove effettuate a cura del Direttore dei Lavori, che devono essere rilasciati dai laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 nell'ambito dei controlli obbligatori di cantiere.

L'attestato di qualificazione può essere utilizzato senza limitazione di tempo.

Il riferimento a tale attestato deve essere riportato sul documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore.

L'acciaio deve portare impresso il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e deve consentire, in maniera inequivocabile, di risalire:

- all'azienda produttrice;
- allo stabilimento;
- al tipo di acciaio ed alla sua saldabilità;

Il produttore deve rispettare le modalità di marcatura denunciate nella documentazione presentata al STC e deve comunicare tempestivamente le eventuali modifiche apportate, tenendo presente che l'elemento determinante della marcatura è costituito dalla:

- sua inalterabilità nel tempo;
- impossibilità di manomissione.

Il prodotto acciaio non può essere impiegato in caso di:

- mancata marcatura;
- non corrispondenza a quanto depositato;
- illeggibilità anche parziale, della marcatura

### 12.3.6. Additivi

Gli additivi per la produzione del calcestruzzo devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934 (parti 2, 3, 4, 5). Per gli altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo.

Per tutti gli additivi sarà richiesta una specifica documentazione indicante le caratteristiche chimico-fisiche nonché la "spettrografia dell'analisi a raggi infrarossi" che attesti la totale corrispondenza del prodotto alle specifiche dichiarate in fase di adozione dell'additivo medesimo del mix design.

E' onere del produttore di calcestruzzo verificare preliminarmente i dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche e meccaniche richieste oltre che per valutare eventuali effetti indesiderati. Particolare cura dovrà essere posta nel controllo del mantenimento nel tempo della lavorabilità del calcestruzzo fresco.

12.3.6.1. Additivi fluidificanti e superfluidificanti

Al fine di ottenere il corretto rapporto a/c e la classe di lavorabilità prevista dalla **tab. 5.4.7.2.b** si dovranno impiegare nel calcestruzzo additivi superfluidificanti conformi alla norma UNI EN 934-2, sia per quanto riguarda le caratteristiche chimico-fisiche che quelle prestazionali. Il dosaggio degli additivi dovrà essere conforme a quello dichiarato dalle schede tecniche del produttore. Nel caso in cui una miscela richieda un dosaggio superiore a tali limiti per garantire le prestazioni richieste fino alla fine dello scarico della betoniera, si dovrà passare all'impiego di un additivo con prestazioni superiori, per evitare problemi di segregazione ed influenzare i tempi di presa del calcestruzzo.

12.3.6.2. Additivi aeranti

In caso di conglomerati cementizi per la realizzazione di opere sottoposte a cicli di gelo e disgelo dovranno essere utilizzati specifici additivi aeranti, come prescritto dalle normative UNI EN 206 e UNI 11104, al fine di garantire il rispetto delle prescrizioni di cui ai successivi punti relativi al contenuto di aria occlusa.

12.3.6.3. Additivi ritardanti

Additivi ritardanti potranno essere eccezionalmente utilizzati, previa idonea qualifica e preventiva approvazione da parte della DIREZIONE LAVORI, per:

- particolari opere che necessitano di getti continui e prolungati, al fine di garantire la loro corretta monoliticità;
- getti in particolari condizioni climatiche (es. periodo estivo);
- singolari opere ubicate in zone lontane e poco accessibili dalle centrali/impianti di betonaggio.

12.3.6.4. Disarmanti

Come disarmanti è vietato usare lubrificanti di varia natura e oli esausti.

Dovranno invece essere impiegati prodotti specifici, conformi alla Norma UNI 8866 parti 1 e 2 per i quali sia stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del conglomerato cementizio indurito.

12.3.6.5. Antievaporanti

Eventuali prodotti antievaporanti filmogeni devono rispondere alle norma UNI da 8656 a 8660. L'APPALTATORE deve sottoporre all'approvazione della DIREZIONE LAVORI la documentazione tecnica sul prodotto e sulle modalità di applicazione; egli deve accertarsi, che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (ad esempio con il primer di adesione di guaine per impermeabilizzazione di solette) e che non interessi le zone di ripresa del getto.

## 12.4. CARATTERISTICHE DELLE MISCELE

### 12.4.1. Classi di resistenza

Per indicare la classe di resistenza si utilizza nel seguito la simbologia Cxx/yy ove xx individua il valore della resistenza caratteristica cilindrica fck e yy il valore della resistenza caratteristica cubica Rck, entrambi espressi in $N/mm^2$ (1 $N/mm^2$ = 10 Kg/cm2).

Le classi sono definite dalle norme UNI EN 206-1 (prospetto 7) e UNI 11104 (prospetto 2), accorpandole abbiamo la seguente tabella.

**Tabella 5.4.1.a -** Classi di resistenza del calcestruzzo

| **Classe di resistenza** | **$f_{ck}$ ($N/mm^2$)** | **$R_{ck}$ ($N/mm^2$)** | **Categoria del calcestruzzo** |
|---|---|---|---|
| C8/10 | 8 | 10 | NON STRUTTURALE |
| C12/15 | 12 | 15 | |
| C16/20 | 16 | 20 | |
| C20/25 | 20 | 25 | STRUTTURALE ORDINARIO |
| C25/30 | 25 | 30 | |
| C28/35 | 28 | 35 | |
| C30/37 | 30 | 37 | |
| C32/40 | 32 | 40 | |
| C35/45 | 35 | 45 | |
| C40/50 | 40 | 50 | |
| C45/55 | 45 | 55 | |
| C50/60 | 50 | 60 | ALTE PRESTAZIONI |
| C55/67 | 55 | 67 | |
| C60/75 | 60 | 75 | |
| C70/85 | 70 | 85 | ALTA RESISTENZA |
| C80/95 | 80 | 95 | |
| C90/105 | 90 | 105 | |
| C100/115 | 100 | 115 | |

### 12.4.2. Granulometria degli aggregati

Gli aggregati dovranno appartenere ad almeno tre classi granulometriche diverse.

Essi dovranno essere mescolati tra loro in definite percentuali così da formare miscele rispondenti ai criteri di curve granulometriche teoriche o sperimentali di riferimento e tali che l'impasto fresco e indurito abbia i prescritti requisiti di resistenza, consistenza, omogeneità, aria inglobata, permeabilità, ritiro e acqua essudata Il contenuto minimo di cemento e il rapporto massimo acqua/cemento vanno definiti sulla base delle condizioni ambientali di esposizione e delle prestazioni richieste.

Le singole pezzature o frazioni granulometriche sono definite:

- per le sabbie solamente da un diametro massimo (D).
- per gli aggregati grossi da un diametro massimo (D) e da un diametro minimo (d);

I limiti del passante ai setacci dei diversi tipi di aggregato sono riportati nella tabella seguente:

**Tabella 5.4.2.a**– Aggregati: limiti di accettazione delle frazioni granulometriche

| Aggregato | Passante % su 1,4D | Passante % su D | Passante % su d | Passante % su d/2 |
|---|---|---|---|---|
| Sabbia (≤ 4 mm) | ≥ 98 | ≥ 85 | - | - |
| Grosso (> 4 mm) | ≥ 98 | ≥ 85 | 0 – 15 | 0 – 5 |

Si dovrà adottare una curva granulometrica che, in relazione al dosaggio di cemento, garantisca la massima compattezza e la migliore lavorabilità del calcestruzzo.

Le singole frazioni necessarie a comporre la curva granulometrica non dovranno sovrapporsi per più del 15% e il diametro inferiore (d) della frazione (i+1)-esima dovrà risultare minore o uguale al diametro superiore (D) della frazione i-esima.

Nella composizione della curva granulometrica nessuna frazione potrà essere dosata in percentuale maggiore del 45%, salvo preventiva autorizzazione del Direttore dei Lavori.

La dimensione massima dell'aggregato dovrà essere non maggiore di ¼ della sezione minima dell'elemento da realizzare, dell'interferro ridotto di 5 mm, dello spessore del copriferro aumentato del 30% (in accordo anche con quanto stabilito dagli Eurocodici).

L'ES della miscela di aggregati dovrà, inoltre, essere sempre ≥ 80 e il valore di blu VB ≤ 0.6 cm3/g

Per quanto concerne l'aggregato fine, per la preparazione di un mix potrà essere usata una sabbia od una miscela di due sabbie. Le caratteristiche petrografiche, granulometriche, chimiche, fisiche e meccaniche delle miscele di sabbie dovrà rispondere ai limiti di accettazione stabilito dalla norma UNI 8520/2 per aggregati fini di Categoria "A" fatte salve le più stringenti specifiche di cui al precedente par. 6.3.3 concernenti la massa volumica e l'assorbimento superficiale. Nel caso in cui la miscela sia costituita da una sabbia di frantumazione ed una sabbia naturale, i limiti di accettabilità dettati dalla norma UNI 8520/2 per quanto concerne il contenuto di passante allo 0,075 mm saranno quelli relativi al tipo di sabbia prevalente. il modulo di finezza (MF) è l'equivalente in sabbia (ES), saranno misurati rispetto alla miscela di aggregati fini nel loro complesso.

Per quanto concerne invece le singole sabbie componenti le miscele, queste dovranno rispettare in ogni caso i seguenti limiti:

- Equivalente in sabbia (ES): > 70
- Valore di bleu (VB) ≤ 0,8 cm3/g di fini
- 1,8 ≤ Modulo di Finezza (MF) ≤ 3,6
- Contenuto di grumi di argilla e particelle friabili ≤ 3%
- Contenuto di particelle leggere e friabili ≤ 2%
- Contenuto di sostanze organiche: colore della soluzione almeno uguale allo standard di

riferimento.

Il Direttore dei Lavori potrà eventualmente approvare l'adozione di una granulometria discontinua, verificando preventivamente che l'impasto risponda alla prova di omogeneità descritta in allegato1 p.to a).

Ogni 10.000 m3 di calcestruzzo prodotto dovrà essere verificata la curva granulometrica, della miscela degli inerti, dai campioni prelevati secondo UNI 8520/3 e analizzati secondo UNI 8520/5 [13].

### 12.4.3. Rapporto acqua/cemento

Il quantitativo di acqua efficace da prendere in considerazione nel calcolo del rapporto a/c equivalente è quello realmente a disposizione dell'impasto, dato dalla somma di:

($a_{aggr}$) = quantitativo di acqua ceduto o sottratto dall'aggregato se caratterizzato rispettivamente da un tenore di umidità maggiore o minore dell'assorbimento (tenore di umidità che individua la condizione di saturo a superficie asciutta);

($a_{add}$) = aliquota di acqua introdotta tramite gli additivi liquidi (se utilizzati in misura superiore a 3 l/m3) o le aggiunte minerali in forma di slurry;

($a_{gh}$) = aliquota di acqua introdotta tramite l'utilizzo di chips di ghiaccio;

($a_m$) = aliquota di acqua introdotta nel mescolatore/betoniera;

ottenendo la formula:

$$a_{eff} = a_m + a_{agg} + a_{add} + a_{gh}$$

Il rapporto acqua/cemento sarà quindi da considerarsi come un rapporto acqua/cemento equivalente individuato dall'espressione più generale:

$$\left(\frac{a}{c}\right)_{eq} = \frac{a_{eff}}{(c + K_{cv} * cv + K_{fs} * fs)}$$

nella quale vengono considerate le eventuali aggiunte di ceneri volanti o fumi di silice all'impasto nell'impianto di betonaggio.

I termini utilizzati sono:

c => dosaggio per $m^3$ di impasto di cemento;

cv => dosaggio per $m^3$ di impasto di cenere volante;

fs => dosaggio per $m^3$ di impasto di fumo di silice;

$K_{cv}$ ; $K_{fs}$ => coefficienti di equivalenza rispettivamente della cenere volante e del fumo di silice desunti dalla norma UNI-EN 206-1 ed UNI 11104 (vedi paragrafi 2.2.1 e 2.2.2).

Il rapporto acqua/cemento di ciascuna miscela dovrà essere controllato, anche in cantiere, con le modalità previste nella Norma UNI 6393 [19] almeno una volta ogni tre mesi o ogni 2.000 m3 di produzione, operando con l'avvertenza di sottrarre dal calcolo della quantità di acqua nel campione quella assorbita dagli aggregati. Il rapporto A/C non dovrà discostarsi di + 0.03 da quello verificato in fase di qualificazione della relativa miscela.

### 12.4.4. Lavorabilità

La lavorabilità è un indice delle proprietà e del comportamento del calcestruzzo nell'intervallo di tempo tra la produzione e la compattazione dell'impasto in sito nella cassaforma o tra la produzione e la finitura. La lavorabilità viene comunemente valutata attraverso la misura della consistenza.

La consistenza, come la lavorabilità, è il risultato di più proprietà reologiche e, di conseguenza, può essere valutata solo in modo relativo, sulla base del comportamento dell'impasto fresco a determinate modalità di prova.

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo possegga al momento della consegna del calcestruzzo in cantiere la lavorabilità prescritta.

Salvo diverse specifiche e/o accordi con il produttore del conglomerato la lavorabilità al momento del getto verrà controllata all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione secondo le indicazioni riportate sulle Norme Tecniche sulle Costruzioni. La misura della lavorabilità verrà condotta in accordo alla UNI-EN 206-1 dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0.3 mc di calcestruzzo.

La lavorabilità del calcestruzzo fresco può essere definita mediante diverse metodologie:

- Prova di abbassamento al cono (UNI EN 12350 – 2);
- Prova Vebè (UNI EN 12350 – 3);
- Indice di compattabilità (UNI EN 12350 – 4);
- Prova di spandimento alla tavola a scosse (UNI EN 12350 – 5);

I metodi maggiormente adoperati nella pratica sono la misura dell'abbassamento al cono e dello spandimento alla tavola a scosse.

- Il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (UNI EN 12350 – 2) che definisce la classe di consistenza o uno slump-test previste dalla norma UNI-EN 206-1 e dalle Linee guida sul calcestruzzo strutturale sono riportate nella **tab. 5.4.4.a** seguente;

**Tabella 5.4.4.a -** Classi di consistenza mediante misura dell'abbassamento al cono

| Classe di consistenza | Abbassamento Mm | Denominazione corrente |
|---|---|---|
| S1 | da 10 a 40 | Umida |
| S2 | da 50 a 90 | Plastica |
| S3 | da 100 a 150 | Semifluida |
| S4 | da 160 a 210 | Fluida |
| S5 | ≥ 210 | Superfluida |

- la misura del diametro di spandimento alla tavola a scosse (UNI-EN 12350-5).

**Tabella 5.4.4.b -** Classi di consistenza mediante misura dello spandimento

| Classe Di consistenza | Spandimento Mm |
|---|---|
| FB1 | ≤ 340 |
| FB2 | da 350 a 410 |
| FB3 | da 420 a 480 |
| FB4 | da 490 a 550 |
| FB5 | da 560 a 620 |
| FB6 | ≥ 630 |

Sarà cura del fornitore garantire in ogni situazione la classe di consistenza prescritta per le diverse miscele tenendo conto che sono assolutamente proibite le aggiunte di acqua in betoniera al momento del getto dopo l'inizio dello scarico del calcestruzzo dall'autobetoniera.

La classe di consistenza prescritta verrà garantita per un intervallo di tempo di 20-30 minuti dall'arrivo della betoniera in cantiere. Trascorso questo tempo sarà l'APPALTATORE esecutrice responsabile della eventuale minore lavorabilità rispetto a quella prescritta. Il calcestruzzo con la lavorabilità inferiore a quella prescritta potrà essere a discrezione della D.L.:

- respinto (l'onere della fornitura in tal caso spetta all'APPALTATORE esecutrice);
- accettato se esistono le condizioni, in relazione alla difficoltà di esecuzione del getto, per poter conseguire un completo riempimento dei casseri ed una completa compattazione.

Il tempo massimo consentito dalla produzione dell'impasto in impianto al momento del getto non dovrà superare i 90 minuti e sarà onere del produttore riportare nel documento di trasporto l'orario effettivo di fine carico della betoniera in impianto. Si potrà operare in deroga a questa prescrizione in casi eccezionali quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dalla Centrale di betonaggio al cantiere dovessero risultare superiori ai 75 minuti. In questa evenienza si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione dello stesso in impianto purché lo stesso possegga i requisiti di lavorabilità prescritti. Inoltre, in questa evenienza dovrà essere accertato preliminarmente dal produttore e valutato dalla D.L. che le resistenze iniziali del conglomerato cementizio non siano penalizzate a causa di dosaggi elevati di additivi ritardanti impiegati per la riduzione della perdita di lavorabilità.

Le miscele a consistenza plastica - semifluida cadono nel campo di maggior sensibilità del metodo di abbassamento al cono.

In generale, data la selettività dei vari metodi di prova, si raccomanda di interpretare con cautela i risultati delle misure quando i valori cadono al di fuori dei seguenti limiti:

- abbassamento al cono: < 10 mm > 210 mm
- spandimento: < 340 mm > 620 mm

In relazione ai campi di sensibilità di cui sopra, è data facoltà all'APPALTATORE, con approvazione da parte della DIREZIONE LAVORI, anche la qualifica dei calcestruzzi con uno slump di riferimento sulla base delle indicazione della UNI EN 206-1:2006.

Nel caso venga prescritto l'impiego di calcestruzzo autocompattante (SCC), va tenuto on conto che il SCC si differenzia dal calcestruzzo ordinario per le sue proprietà allo stato fresco:

- capacità di flusso
- scorrimento confinato
- resistenza alla segregazione

Per la valutazione delle proprietà è necessario far riferimento alla UNI 11040 nella quale si specificano le caratteristiche e i valori di accettazione per le prove da effettuare in fase di qualifica delle miscele.

I metodi di prova per la misura delle caratteristiche del calcestruzzo autocompattante allo stato fresco sono specificate dalle norme che seguono:

| Metodo di prova | Norma di riferimento |
|---|---|
| SLUMP-FLOW | UNI 11041 |
| V-FUNNEL | UNI 11042 |
| L-BOX | UNI 11043 |
| U-BOX | UNI 11044 |
| J-RING | UNI 11045 |

### 12.4.5. Acque essudata

Il calcestruzzo non dovrà presentarsi segregato e la quantità di acqua essudata, misurata secondo la Norma UNI 7122 [22] ogni 1000 $m^3$ di calcestruzzo confezionato, dovrà essere minore o uguale allo 0.1% in volume.

### 12.4.6. Contenuto d'aria

Contestualmente alla misura della lavorabilità del conglomerato (con frequenza diversa da stabilirsi con il fornitore del conglomerato) dovrà essere determinato il contenuto di aria nel calcestruzzo in accordo alla procedura descritta alla norma UNI EN 12350-7 basata sull'impiego del porosimetro. Il contenuto di aria in ogni miscela prodotta dovrà essere conforme a quanto indicato nella **tab. 6.4.7.2.a** (in funzione del diametro massimo dell'aggregato e dell'eventuale esposizione alla classe XF: strutture soggette a cicli di gelo/disgelo in presenza o meno di sali disgelanti).

### 12.4.7. Prescrizioni per la durabilità dei calcestruzzi

12.4.7.1.Classi di esposizione ambientale

Ai fini di una corretta scelta del tipo e classe di calcestruzzo è fondamentale stabilire l'ambiente nel quale ciascun elemento strutturale dovrà essere inserito.

Per "ambiente", in questo contesto, si intende l'insieme di tutte le azioni chimiche e fisiche alle quali si presume che il calcestruzzo possa essere esposto durante il periodo di vita delle opere e che causano effetti che non possono essere classificati come azioni dirette (carichi) o indirette (deformazioni impresse, cedimenti, variazioni termiche) nella progettazione strutturale.

A seconda di tali azioni, sono individuate, nelle norme UNI 11104 e UNI EN 206 -1 [4] [2], le classi e sottoclassi di esposizione ambientale elencate nella tabella seguente.

**Tabella 5.4.7.1 a -** Classi di esposizione ambientale del calcestruzzo

| Classe | Ambiente di esposizione | Esempi di condizioni ambientali |
|---|---|---|
| **1 – Nessun rischio di corrosione delle armature o di attacco al calcestruzzo** | | |
| X0 | Molto secco | Interni di edifici con umidità relativa molto bassa |
| **2 – Corrosione delle armature indotta da carbonatazione del calcestruzzo** | | |
| XC1 | Secco | Interni di edifici con umidità relativa bassa |
| XC2 | Bagnato, raramente secco | Parti di strutture di contenimento liquidi; Fondazioni |
| XC3 | Umidità moderata | Interni di edifici con umidità da moderata ad alta – Calcestruzzo all'esterno riparato dalla pioggia |
| XC4 | Ciclicamente secco e bagnato | Superfici a contatto diretto con acqua non comprese nella classe XC2 |
| **3 – Corrosione indotta dai cloruri** | | |
| XD1 | Umidità moderata | Superfici esposte a spruzzi diretti d'acqua contenente cloruri |
| XD2 | Bagnato, raramente secco | Piscine – Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri |
| XD3 | Ciclicamente secco e bagnato | Parti di ponti - Pavimentazioni - Solette di parcheggi per auto |
| **4 – Corrosione indotta dai cloruri dell'acqua di mare** | | |
| XS1 | Esposizione alla salsedine marina ma non in contatto diretto con acqua di mare | Strutture sulla costa o in prossimità della costa |
| XS2 | Zone sommerse | Parti di strutture marine |
| XS3 | Zone di maree, zone soggette a spruzzi | Parti di strutture marine |
| **5 – Attacco da cicli di gelo/disgelo** | | |
| XF1 | Grado moderato di saturazione, in assenza di agenti disgelanti | Superfici verticali esposte alla pioggia e al gelo |
| XF2 | Grado moderato di saturazione, in presenza di agenti disgelanti | Superfici verticali di opere stradali esposte al gelo e ad agenti disgelanti nebulizzati nell'aria |
| XF3 | Grado elevato di saturazione, in assenza di agenti disgelanti | Superfici orizzontali esposti alla pioggia e al gelo |
| XF4 | Grado elevato di saturazione, in presenza di agenti disgelanti | Impalcati stradali e ponti esposti ad agenti disgelanti – Superfici verticali e orizzontali esposte al gelo e a spruzzi d'acqua contenenti agenti disgelanti |
| **6 – Attacco chimico** | | |
| XA1 | Aggressività debole | |

| | | |
|---|---|---|
| XA2 | Aggressività moderata | |
| XA3 | Aggressività forte | |

12.4.7.2. Requisiti minimi delle miscele in funzione del loro campo di impiego

Nella Tabella 5.4.7.2.b vengono specificate le caratteristiche minime richieste per differenti mix, in funzione del loro impiego, sulla base di considerazioni relative alla loro durabilità.

Tali caratteristiche devono essere considerate come minimi inderogabili da applicarsi indipendentemente dalle prescrizioni progettuali.

Naturalmente, ogni volta che le caratteristiche dell'ambiente siano tali da richiedere maggiore resistenza all'aggressività, il progetto del mix dovrà essere specificatamente adeguato aumentando la resistenza caratteristica richiesta, diminuendo il rapporto a/c e, se del caso, utilizzando cementi e/o materiali resistenti al particolare agente aggressivo.

I requisiti minimi in termini di resistenza e di rapporto a/c in funzione della classe di aggressività dell'ambiente sono riportate nella **tab. 5.4.7.2.a** , mentre le prescrizioni per l'impiego di materiali o cementi particolari sono riportate nei paragrafi seguenti.

Mentre in **tab. 5.4.7.2.b** vengono riportate in funzione del campo di impiego i requisiti minimi delle miscele utilizzabili.

**Tabella 5.4.7.2.a** – Caratteristiche dei conglomerati in funzione dell'aggressività dell'ambiente

| | Classi di esposizione | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nessun rischio di corrosione dell'armatura | Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione | | | | Corrosione delle armature indotta da cloruri | | | | | | Attacco da cicli di gelo/disgelo | | | | Ambiente aggressivo per attacco chimico | | |
| | | | | | | Acqua di mare | | | Cloruri provenienti da altre fonti | | | | | | | | | |
| | X0 | XC1 | XC2 | XC3 | XC4 | XS1 | XS2 | XS3 | XD1 | XD2 | XD3 | XF1 | XF2 | XF3 | XF4 | XA1 | XA2 | XA3 |
| Massimo rapporto *a/c* | - | 0,60 | | 0,55 | 0,50 | 0,50 | 0,45 | | 0,55 | 0,50 | 0,45 | 0,50 | 0,50 | | 0,45 | 0,55 | 0,50 | 0,45 |
| Minima classe di resistenza *) | C12/15 | C25/30 | | C28/35 | C32/40 | C32/40 | C35/45 | | C28/35 | C32/40 | C35/45 | 32/40 | 25/30 | | 28/35 | 28,35 | 32/40 | 35/45 |
| Minimo contenuto in cemento (kg/m³) | - | 300 | | 320 | 340 | 340 | 360 | | 320 | 340 | 360 | 320 | 340 | | 360 | 320 | 340 | 360 |
| Contenuto minimo in aria (%) | | | | | | | | | | | | | 3,0 a) | | | | | |
| Altri requisiti | | | | | | | | | | | | Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo | | | | È richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati b) | | |

*) Nel prospetto 7 della UNI EN 206-1 viene riportata la classe C8/10 che corrisponde a specifici calcestruzzi destinati a sottofondazioni e ricoprimenti. Per tale classe dovrebbero essere definite le prescrizioni di durabilità nei riguardi di acque o terreni aggressivi.

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI 7087, per la relativa classe di esposizione.

b) Qualora la presenza di solfati comporti le classi di esposizione XA2 e XA3 è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati secondo UNI 9156.

**Tabella 5.4.7.2.b** – Requisiti minimi delle miscele utilizzabili

| Tipo | | Classe di esposizione | Rapporto a/c max | Classe di lavorabilità | Classe di resistenza Minima Rck (Mpa) | Campi di Impiego |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 1 | XC4 | 0.40 | S5 | 55 | • Impalcati ed elementi in c.a.p. prefabbricati |
| | 2 | XC4 | 0.45 | S4 | 45 | • Impalcati in c.a.p. gettati in opera |
| B | 1 | XC4 | 0.45 | S2-S5 | 45 | • Elementi prefabbricati in c.a. per strutture fuori terra |
| | 2 | | 0.45 | S2-S5 | 45 | • Conci prefabbricati in c.a. per rivestimento di gallerie |
| | 3 | --- | 0.60 | S4 | 25 | • Canalette portacavi prefabbricate<br>• Cunette prefabbricate<br>• Elementi prefabbricati senza funzioni strutturali |
| C | 1 | XC4 | 0.50 | S4-S5 | 40 | • Impalcati in c.a.p. ordinari<br>• Solette in c.a. gettate in opera in elevazione<br>• Predalle |
| | 2 | XC4 | 0.50 | S4-S5 | 40 | • Pile e spalle<br>• Baggioli e pulvini<br>• Strutture in c.a. in elevazione |
| D | | ---- | 0.50 | S1÷S3 | 37 | • Lastre in cls per pavimentazioni rigide |
| E | | XC1 | 0.6 | S3, S4 | 30 | • Scatolari e tombini a sez. non circolare con luce con luce ≤ 5 m<br>• Tombini circolari |
| F | 1 | XC2 | 0,60 | S4, S5 | 30 | • Soletta di fondazione di gallerie (getti orizzontali) |
| | 2 | XC2 | 0.60 | S3 | 30 | • Soletta di fonfazione di gallerie (getti tradizionali a superficie inclinata) |
| | 3 | XC1 | 0.60 | S3, S4 | 30 | • Piedritti e solette di gallerie |
| G | 1 | XC2 | 0.60 | S3, S4 | 30 | • Muri di controripa e sottoscarpa in c.a. (armatura ≥ 30 Kg/mc) |
| | 2 | XC2 | 0.60 | S3, S4 | 30 | • Muri controripa/sottoscarpa debolmente armati (armatura < 30 kg/mc) o non armati<br>• Solettoni di fondo<br>• Fondazioni armate<br>• Rivestimenti di tubazioni |
| | 3 | --- | 0.60 | S3÷S4 | 25 | • Fondazioni non armate (pozzi, sottoplinti, prismi per difese spondali, ecc....) |
| | 4 | --- | 0.60 | S3÷S4 | 25 | • Cunette gettate in opera, cordoli, ecc.... |
| H | 1 | XC2 | 0.50 | S4÷S5 | 37 | • Pali (di paratie o opere di sostegno), diaframmi e relativi cordoli di collegamento gettati in opera |
| | 2 | XC2 | 0.60 | S4÷S5 | 30 | • Pali di fondazione gettati in opera |
| | 3 | XC2 | 0.50 | S2÷S4 | 37 | • Pali di fondazione prefabbricati |
| I | | X0 | -- | -- | 15 | • Magrone di pulizia, riempimento o livellamento |

Per i casi nei quali si è indicata la possibilità di utilizzare qualunque cemento, la scelta dovrà essere fatta sulla base di considerazioni relative all'aggressività dell'ambiente.

Particolare cautela si dovrà prestare al dosaggio di cemento nel caso di getti massivi come meglio specificato nel seguito.

La lavorabilità si riferisce ai soli calcestruzzi preconfezionati o prodotti in cantiere; per i calcestruzzi impiegati nella prefabbricazione, ferme le altre caratteristiche, si potrà derogare da tale prescrizione con opportune motivazioni, da approvare da parte del Direttore dei Lavori in sede di qualifica dell'impianto di prefabbricazione e delle miscele proposte.

Nel caso venga prescritto l'uso di un inibitore di corrosione, occorre valutare gli effetti che lo stesso può avere sul comportamento della miscela allo stato fresco e indurito.

12.4.7.3.Copriferro

Il valore del copriferro da adottare è definito dal progettista ed è riportato sulle tavole di progetto.

In ogni caso, però, deve essere verificato che i valori prescritti rispettino i minimi indicati qui di seguito come funzione della Rck e siano adeguati alla classe di aggressività dell'ambiente secondo quanto riportato nella **tab. 5.4.7.3.a.**

**Tabella 5.4.7.3.a -** Valori di copriferro minimi in funzione della classe di esposizione e della vita utile; (prospetto 4.4N e 4.5N dell'EC2:2005)

| **CLASSI DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE** | **SPESSORE MINIMO DI COPRIFERRO ($c_{min,dur}$)** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **VITA UTILE 50 ANNI** | | **VITA UTILE 100 ANNI** | |
| | **C.A.** | **C.A.P.** | **C.A.** | **C.A.P.** |
| X0 | 10 | 10 | 20 | 20 |
| XC1 | 15 | 25 | 25 | 35 |
| XC2, XC3 | 25 | 35 | 35 | 45 |
| XC4 | 30 | 40 | 40 | 50 |
| XS1, XD1 | 35 | 45 | 45 | 55 |
| XS2, XD2 | 40 | 50 | 50 | 60 |
| XS3, XD3 | 45 | 55 | 55 | 65 |

Nei casi in cui queste prescrizioni non siano rispettate si deve procedere ad informare la DL che sentirà in proposito i progettisti.

Copriferro maggiori di quelli indicati nelle tabelle potranno essere previsti in condizioni particolari (es. necessità di assicurare una determinata resistenza al fuoco).

In questi casi, per valori maggiori di 45 mm, dovrà essere prevista l'installazione, a meno di 4 cm dalla superficie del getto, di una armatura aggiuntiva non strutturale costituita da una rete elettrosaldata $\phi$ 4-5 mm con maglia quadrata di passo 10 – 15 cm.

12.4.7.4.Calcestruzzi resistenti ai cicli gelo – disgelo

E' richiesto l'utilizzo di aggregati non gelivi (norma UNI EN 12620).

Per migliorare la resistenza ai cicli gelo - disgelo l'impiego di additivi aeranti potrà essere autorizzato solamente se:

– gli additivi sono conformi alla Norma UNI 934
– l'immissione dell'aerante avviene contemporaneamente al caricamento di almeno il 50% dell'acqua aggiunta;
– l'impianto è dotato di predosatore d'acqua con capacità tale da contenere almeno il 50% dell'acqua di impasto nel quale disperdere l'aerante prima dell'immissione nel mescolatore o nell'autobetoniera.

Occorre evitare che la disomogenea distribuzione delle microbolle d'aria nell'impasto determini nella struttura volumi di calcestruzzo aventi caratteristiche estremamente variabili con conseguenti negative ripercussioni sulla resistenza e sulla durabilità dell'opera.

La quantità percentuale d'aria totale, determinata sul calcestruzzo fresco prelevato dal getto dopo la vibrazione secondo UNI 12350-7 [28] con frequenza, dopo la fase di prequalifica, almeno ogni 100 mc di calcestruzzo consegnato, dovrà essere conforme ai valori della tabella seguente.

**Tabella 5.4.7.4.a** - Aria totale nel calcestruzzo fresco

| **Diametro massimo aggregato** | **Aria totale (%)** |
|---|---|
| Fino a 10 mm | 8.0 ± 2.0 |
| Tra 10 e 20 mm | 6.0 ± 2.0 |
| Oltre 20 mm | 5.0 ± 2.0 |

Qualora prescritto dal Progettista i calcestruzzi esposti a cicli gelo-disgelo dovranno essere sottoposti alla prova di determinazione della resistenza a degradazione per cicli di gelo e disgelo secondo UNI 7087 [29]: la riduzione del modulo elastico non dovrà risultare superiore al 15% del valore iniziale del campione di riferimento.

Se l'importanza dell'opera o le condizioni di esposizione lo giustificano, sono richieste prove di resistenza alla penetrazione, da eseguirsi in laboratorio con le modalità della Norma UNI EN 12390-8 [26] su provini stagionati nelle stesse condizioni della struttura o su carote estratte dalla struttura al termine della stagionatura: la profondità media del profilo di penetrazione dell'acqua sotto pressione dovrà essere minore di 20 mm, ciascun valore dovrà essere minore di 50 mm.

12.4.7.5.Calcestruzzi esposti ad attacco chimico

Ai fini di valutare l'eventuale attacco chimico a cui potrebbero essere sottoposti i calcestruzzi, all'APPALTATORE, di concerto con il Direttore dei Lavori, compete l'onere del preventivo accertamento della presenza e della concentrazione nei terreni e nelle acque di agenti aggressivi di cui alla norma UNI EN 206-1:2006.

Nel caso di ambiente chimicamente aggressivo il Progettista dovrà individuare la classe di esposizione ambientale tra le classi XA1, XA2 e XA3, sulla base della concentrazione di agenti aggressivi presenti, come indicato nella tabella seguente (Prospetto 2 della UNI EN 206-1:2006).

**Tabella 5.4.7.5.a -** Classi di esposizione ambientale - Attacco chimico

| | | **GRADO DI ATTACCO** | | |
|---|---|---|---|---|
| **Caratteristiche chimiche** | **Metodo di Prova di riferimento** | **XA1 (debole)** | **XA2 (moderato)** | **XA3 (forte)** |
| **Agente aggressivo nelle acque nel terreno** | | | | |
| Ph | ISO 4316 | ≤ 6,5 e ≥ 5,5 | <5,5 e ≥ 4,5 | < 4,5 e ≥ 4,0 |
| $CO_2$ aggressiva ( mg/l ) | Pr EN 13577:1999 | ≥ 15 e ≤ 40 | > 40 e ≤ 100 | > 100 fino a saturazione |
| ioni ammonio $NH_4^+$ (mg/l ) | ISO 7150-1 oppure ISO 7150 -2 | ≥ 15 e ≤ 30 | > 30 e ≤ 60 | > 60 e ≤ 100 |
| ioni magnesio $Mg^{++}$ ( mg/l) | ISO 7980 | ≥ 300 e ≤ 1000 | > 1000 e ≤ 3000 | > 3000 fino a saturazione |
| ioni solfato $SO_4^{2-}$ (mg/l) | EN 196 - 2 | ≥ 200 e ≤ 600 | > 600 e ≤ 3000 | > 3000 e ≤ 6000 |
| **Agente aggressivo nel terreno** | | | | |
| ioni solfato $SO_4^{2-}$ mg/kg di terreno seccato all'aria | EN 196 | ≥ 2000 e ≤ 3000 | > 3000 e ≤ 12000 | > 12000 e ≤ 24000 |

12.4.7.6. Attacco chimico da parte dei solfati

Il grado di attacco deve essere valutato in funzione del contenuto di ioni solfato SO4 = nel terreno secondo quanto riportato nella tabella 5.4.7.5.a.

Conseguentemente devono essere utilizzati cementi a moderata, alta o altissima resistenza ai solfati secondo quanto riportato nella tabella in appendice 1.

12.4.7.7. Reazioni alcali – aggregati

Per alcali si devono intendere gli ioni sodio (Na) e potassio(K+) presenti in tutti i costituenti delle miscele di calcestruzzo: cementi, aggiunte minerali, aggregati, acqua, additivi.

Di questi sono efficaci, ai fini della reazione con gli aggregati reattivi, solo quelli che passano in soluzione nella fase acquosa che permea la pasta di cemento e il cui tenore non sempre coincide con quello degli alcali totali.

Il tenore di alcali in ciascun componente va espresso in percentuale della massa come ossido di sodio equivalente calcolato secondo l'espressione:

(Na2Oeq)%=Na20%+0,658 K20%

a) Ossido di sodio equivalente efficace nel legante

– L'ossido di sodio equivalente presente nel cemento Portland e nei cementi Portland al calcare o alla microsilice (CEM l e CEM Il A-L, B-L e A-D) verrà considerato efficace al 100%;

– Per gli altri cementi, contenenti materiali pozzolanici o loppe di altoforno i cui alcali risultano solo parzialmente solubili, il produttore dovrà fornire il tenore di ossido di sodio equivalente efficace ottenuto dalla somma di quello totale del clinker e quello efficace delle aggiunte, quest'ultimo determinato con il criterio di cui al successivo punto b. Si definiscono cementi a basso contenuto di alcali quelli con tenore di ossido di sodio equivalente efficace inferiore allo 0.6% (come Na2Oeq). Il valore certificato dovrà essere quello ottenuto dalla media di 25 determinazioni eseguite, su campionature consecutive, nei due mesi antecedenti l'inizio dei getti. Il campo di variabilità del contenuto dovrà ricadere in un intervallo compreso tra ± 0.15% rispetto al valore medio certificato.

b) Ossido di sodio equivalente efficace nelle giunte

Per le aggiunte, sia aventi attività idraulica sia inerti, verrà determinato il tenore di Na2Oeq secondo il metodo di prova descritto nella Norma UNI ENV 196 p.te 21°, con la procedura di attacco di cui al punto 7.5.2. della stessa norma.

Di tale ossido di sodio equivalente dovrà essere considerato nel calcolo solamente il 50% di quello nelle loppe di altoforno ed il 17% di quello nei materiali pozzolanici.

Il campo di variabilità del contenuto, dovrà ricadere in un intervallo compreso tra ±0.05% rispetto al valore medio certificato.

c) Ossido di sodio equivalente efficace nell'arrangiamento

Il contenuto in Na2Oeq degli alcali presenti nell'aggregato come cloruro di sodio (aggregati non lavati) dovrà essere calcolato secondo l'espressione:

Na2Oeq = 0.76 CI %

d) Ossido di sodio equivalente efficace negli additivi e nell'acqua di impasto

L'ossido di sodio equivalente presente nell'acqua di impasto e negli additivi dovrà essere considerato efficace al 100%.

Nelle acque potabili la concentrazione è così bassa da poter essere trascurata.

Ove sia prevedibile che gli aggregati possano reagire con gli alcali contenuti negli altri costituenti il calcestruzzo, si dovranno adottare misure atte a prevenire o limitare tale reazione nei calcestruzzi, qualora le conseguenze del danno non siano accettabili e/o la struttura possa trovarsi esposta in ambienti tali da consentire frequentemente la saturazione del conglomerato.

Sulla base dei fattori di accettabilità e della classe di esposizione ambientale si dovranno adottare le seguenti forme di prevenzione:

– nel caso di calcestruzzo **in classe di esposizione ambientale X0** dovrà essere valutata caso per caso l'opportunità di impiegare l'aggregato a rischio.

– nel caso di calcestruzzo **in classe di esposizione ambientale XC1, XC2** l'utilizzo di un aggregato reattivo o a rischio potrà essere autorizzato dal Direttore dei Lavori qualora

l'APPALTATORE dimostri di adottare uno o più dei seguenti provvedimenti:

- impiego di cementi a basso tenore di alcali: alcali efficaci, espressi come sodio equivalente Na2Oeq minori dello 0.6%;
- impiego di un cemento pozzolanico CEM IV con contenuto di pozzolana non minore del 30%;
- impiego di un cemento di altoforno CEM III con contenuto di loppa non minore del 50%;
- Impiego di fumo di silice condensato come aggiunta minerale alla miscela di calcestruzzo.

Altri provvedimenti, quali ad esempio l'aggiunta di ceneri volanti, potranno essere autorizzati dal Direttore dei Lavori solamente se giustificati dai risultati di una sperimentazione diretta.

In ogni caso se il contenuto di alcali nella miscela espressi come Na2Oeq, tenendo conto del contributo di tutti i costituenti la miscela, non eccede il valore di 3.000 g/m$^3$ di calcestruzzo, analizzata l'accettabilità del rischio, potrà autorizzare l'impiego di tali aggregati; se il contenuto di alcali efficaci, pur eccedendo il limite indicato, sarà ≤ 4.000 g/m$^3$ di calcestruzzo, l'APPALTATORE, al fine di poter utilizzare gli aggregati reattivi, dovrà dimostrare attraverso apposita sperimentazione concordata con il Direttore dei Lavori, l'assenza di un rischio non accettabile per la durabilità delle strutture.

– nel caso di **classi di esposizione ambientale XF, XS, XD, XC, XA**, l'aggregato reattivo o a rischio potrà essere utilizzato solamente se il contenuto di alcali efficaci nella miscela, espressi come sodio equivalente, non eccede il valore di 3000 g/m3 di calcestruzzo. L'APPALTATORE al fine di poter utilizzare gli aggregati reattivi, dovrà dimostrare attraverso una sperimentazione diretta, concordata con il Direttore dei Lavori, l'assenza di un rischio non accettabile per la durabilità delle strutture.

Il Direttore dei Lavori potrà far sottoporre l'aggregato a rischio alle prove di caratterizzazione a intervalli non maggiori di 30 (trenta) giorni.

In tutti i casi di calcestruzzi soggetti a possibile reazione alcali-aggregato la profondità media del profilo di penetrazione dell'acqua sotto pressione, determinata con le modalità previste nella Norma UNI EN 12390-8 su carote prelevate dalla struttura, dovrà essere minore di 20 mm con valori massimi non maggiori di 40 mm.

*12.4.7.7.1. Prove per la valutazione della reazione alcali – aggregati*

***Forme di silice reattiva presenti negli aggregati in Italia***

Per quanto riguarda la descrizione delle forme di silice reattiva che potrebbero essere presenti negli aggregati si dovrà fare riferimento alla Norma UNI 8520 p.te 4° [13].

Le rocce, nelle quali sono stati riscontrati minerali reattivi, sono:

– diaspri, ftaniti e simili nei quali il minerale reattivo è rappresentato da selce, costituita da quarzo microcristallino associato a calcedonio fibroso e silice opalina;

– calcari arenacei (calcareniti e biocalcareniti) costituiti da calcite accompagnata da lenti di selce, gusci fossili, gusci fossili silicei e da granuli di quarzo con estinzione ondulata;

– calcari silicizzati, costituiti da materiale di natura calcarea associati a gusci fossili calcitici parzialmente o totalmente silicizzati, oltre a quarzo e calcedonio.

***Prove per la caratterizzazione degli aggregati***

La prima prova da eseguire, al fine di formulare un giudizio sul comportamento dell'aggregato in presenza di alcali, dovrà essere la prova accelerata di espansione di prismi di malta secondo il metodo della Norma UNI 8520/22 [13]. L'aggregato è idoneo se l'espansione risulta inferiore a 0.1% dopo 14 giorni.

Nel caso in cui il risultato della prova sia dubbio (espansione compresa tra 0.1 e 0.2%) dovrà essere eseguito sia l'esame petrografico del materiale secondo la Norma ASTM C 295, al fine di individuare i materiali responsabili delle espansioni dei prismi di malta, sia la prova secondo la Norma UNI 8520/22 [13] con i limiti di accettabilità previsti nella Norma UNI 8520/2 [13].

*12.4.7.7.2. Reazioni chimiche tra alcali ed aggregati (alcali – carbonati dolomitici)*

Qualora sia possibile la presenza di dolomia reattiva nell'aggregato, dovrà essere eseguita la prova ultra-accelerata di espansione di prismi di malta secondo il metodo descritto nella Norma UNI 8520/22 [13].

12.4.7.8.Dilavamento

Il grado di attacco deve essere valutato in funzione del contenuto di CO2 aggressiva nelle acque secondo quanto riportato nella tabella **5.4.7.5.a**.

Conseguentemente devono essere utilizzati cementi a moderata, alta o altissima resistenza al dilavamento secondo quanto riportato nella tabella **in appendice 1.**

12.4.7.9.Getti massivi

La reazione d'idratazione del cemento è esotermica, conseguentemente la temperatura, specialmente nei getti di grosse dimensioni, nei quali il calore non si disperde rapidamente (condizioni quasi adiabatiche), può raggiungere valori elevati.

Prima l'innalzamento, poi la successiva diminuzione della temperatura, per effetto delle variazioni dimensionali impedite inducono tensioni di trazione e di compressione tra parti interne ed esterne dei getti.

Nel periodo iniziale, l'innalzamento termico provocato dall'idratazione, non produce tensioni elevate all'interno del calcestruzzo giacché il modulo elastico è ancora basso e le sollecitazioni sono compensate dalle deformazioni plastiche.

La velocità e l'intensità dello sviluppo di calore del calcestruzzo dipendono dal tipo, classe e dosaggio (kg/m3) del cemento e dalla presenza di aggiunte attive (es.: ceneri, fumi di silice, loppa), dal dosaggio e natura degli altri costituenti e dalla temperatura iniziale dei materiali. L'innalzamento termico, a sua volta, dipende dalla possibilità di scambio termico del getto e dalle sue caratteristiche geometriche.

Pertanto, nel caso di getti massivi caratterizzati da spessori superiori ai 40-50 cm, la differenza tra la temperatura interna al calcestruzzo e la temperatura esterna dovrà essere contenuta in un delta compreso tra i 20 e i 25°C., per limitare i rischi di fessure superficiali.

Potranno essere utilizzati cementi LH (low heat – a basso calore di idratazione) e comunque la protezione dei getti dovrà essere effettuata e mantenuta fino al raggiungimento di tale valore.

In questo caso, in fase di progetto del mix, dovrà essere:

- Impiegato cemento LH a basso sviluppo di calore in accordo al punto 7 della norma UNI-EN 197/1-2006 con calore di idratazione unitario a 7 giorni inferiore a 270 J/g (determinato in accordo alla UNI-EN 196-8)
- evitato l'impiego di cementi tipo "R" (a presa rapida);
- previsto l'impiego di additivi superfluidificanti ritardanti;
- possibilità di impiego di ceneri volanti e fumi di silice conformi rispettivamente alla norma UNI-EN 450 e UNI-EN 13263 parte 1 e 2
- ove necessario, e dietro approvazione della DL si potrà, inoltre, ricorrere al raffreddamanto dell'acqua di impasto.

Pertanto qualora debbano realizzarsi getti massicci l'APPALTATORE dovrà attuare gli opportuni accorgimenti per evitare fessure dovute al raggiungimento di temperature e gradienti eccessivi all'interno dei manufatti, dovuti a loro volta allo sviluppo del calore di idratazione del cemento. In particolare non dovrà essere superata all'interno dei getti la temperatura di 65°C e la massima differenza di temperatura nella sezione del manufatto dopo la rimozione delle casseforme non dovrà essere superiore a 20 °C. Dovranno pertanto evitarsi metodi di stagionatura che favoriscono un rapido raffreddamento della superficie esterna dei manufatti; al contrario sarà utile il mantenimento prolungato dei casseri (se isolanti). L' APPALTATORE dovrà assicurarsi che con la miscela di calcestruzzo prevista la quantità di calore sviluppato non risulti eccessiva e la temperatura iniziale del calcestruzzo sia sufficientemente bassa per rispettare le prescrizioni precedenti.

Qualora necessario dovranno essere raffreddati con mezzi adeguati i componenti della miscela, calcolando preventivamente l'effetto sulla temperatura del calcestruzzo fresco. È consentito il raffreddamento della miscela mediante uso di ghiaccio, purché il Direttore dei Lavori possa verificare il controllo e la costanza del rapporto acqua/cemento e si assicuri l'assenza di pezzi di ghiaccio alla fine della vibrazione. Eventualmente si dovrà ricorrere al raffreddamento del manufatto mediante circolazione di acqua in appositi tubi metallici preinseriti a perdere nel getto. L'APPALTATORE dovrà sottoporre alla DIREZIONE LAVORI un bilancio termico e le precauzioni adottate, che dimostrino l'assenza di condizioni che possano portare alla fessurazione.

## 12.5. CALCESTRUZZO GETTATO IN OPERA: PRODUZIONE, TRASPORTO E POSA IN OPERA

### 12.5.1. Centrali di betonaggio ed impianti di cantiere

I conglomerati cementizi possono essere confezionati esclusivamente in centrali di betonaggio o impianti di cantiere che siano dotati di sistema di certificazione FPC in conformità al D.M. 14/01/08. E' onere dell'APPALTATORE la acquisizione di tutta la documentazione relativa alla certificazione FPC da sottoporre preventivamente alla DIREZIONE LAVORI.

In accordo al D.M. 14/01/2008 al punto 11.2.8 si definisce come calcestruzzo prodotto con processo industrializzato quello prodotto mediante impianti, strutture e tecniche organizzate sia in cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso.

Di conseguenza in questa fattispecie rientrano, a loro volta, tre tipologie di produzione del calcestruzzo:

- calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati fissi;
- calcestruzzo prodotto negli stabilimenti di prefabbricazione;
- calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati installati nei cantieri (temporanei).

In questi casi gli impianti devono essere idonei ad una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto.

Al fine di contribuire a garantire quest'ultimo punto, gli impianti devono essere dotati di un sistema di controllo permanente della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Tale sistema di controllo non deve confondersi con l'ordinario sistema di gestione della qualità aziendale, al quale può affiancarsi.

Il sistema di controllo della produzione in fabbrica dovrà essere certificato da un organismo terzo indipendente di adeguata competenza e organizzazione, che opera in coerenza con la UNI EN 45012. A riferimento per tale certificazione devono essere prese le Linee Guida per la produzione, il trasporto ed il controllo del calcestruzzo preconfezionato edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici allo scopo di ottenere un calcestruzzo di adeguate caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche.

Il sistema di controllo di produzione in fabbrica dovrà comprendere le prove di autocontrollo, effettuate a cura del produttore secondo quanto previsto dalle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato. L'organismo di certificazione dovrà, nell'ambito dell'ispezione delle singole unità produttive dovrà verificare anche i laboratori utilizzati per le prove di autocontrollo interno. In virtù di tale verifica e sorveglianza del controllo di produzione le prove di autocontrollo della produzione sono sostitutive di quelle effettuate dai laboratori ufficiali.

Il programma delle prove di autocontrollo deve essere sviluppato in maniera tale da assicurare il rispetto dei disposti normativi per le numerose miscele prodotte, ma essere nel contempo contenuto in maniera tale da agevolarne l'applicazione, in virtù dell'elevato numero delle miscele prodotte in generale in un impianto di calcestruzzo preconfezionato.

È compito della DIREZIONE LAVORI accertarsi che i documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere indichino gli estremi della certificazione del sistema di controllo della produzione.

Ove opportuno il Direttore dei Lavori potrà richiedere la relazione preliminare di qualifica ed i relativi allegati (es. certificazione della marcatura CE degli aggregati, del cemento,etc.).

12.5.1.1.Cemento

Non è consentito mescolare fra loro cementi di diverso tipo, classe e provenienza; per ciascuna opera dovrà essere impiegato un unico tipo di cemento (tipo, classe, produttore e stabilimento di produzione).

Il cemento, se in sacchi, sarà sistemato su pedane poste su un pavimento asciutto ed in ambiente chiuso. I sacchi di cemento di diverso tipo verranno conservati separatamente e chiaramente identificati con idonei cartelli.

Il cemento, se sfuso, sarà conservato in silos che garantiscano la perfetta tenuta nei confronti dell'umidità atmosferica; ogni silo conterrà un unico tipo e classe di cemento proveniente da uno stesso stabilimento di produzione; a tale scopo il silo dovrà essere, chiaramente identificato mediante un cartello di idonee dimensioni facilmente visibile dalla cabina di comando della centrale o dell'impianto di betonaggio.

Il dosaggio ed il tipo di cemento dovranno essere scelti in relazione al tipo ed alle caratteristiche costruttive dell'opera ed a quelle ambientali in cui la stessa si verrà a trovare, con particolare riferimento alla resistenza meccanica, durabilità e temperatura del getto in fase di indurimento.

12.5.1.2.Aggregati

Gli aggregati dovranno essere stoccati in quantità congruente con il programma lavori e comunque sufficiente a completare qualsiasi opera che debba essere gettata senza interruzioni. Il luogo di stoccaggio dovrà essere di dimensioni adeguate e consentire l'immagazzinamento con separazione delle diverse pezzature che dovranno essere divise da appositi setti.

Per ogni cumulo dovrà essere apposto un cartello di idonee dimensioni indicante la classe granulometrica dell'aggregato.

La superficie di appoggio di ogni cumulo dovrà essere conformata in modo tale da consentire l'allontanamento dell'acqua piovana e di percolazione.

Si raccomanda che i cumuli siano coperti da idonee tettoie.

Gli aggregati dovranno essere prelevati in modo tale da garantire la rotazione continua dei volumi stoccati.

12.5.1.3.Pesatura e miscelazione

Il cemento, l'acqua, le eventuali aggiunte (ceneri e microsilice) e gli additivi, dovranno essere misurati con dispositivi separati e usati esclusivamente per ciascuno di essi; gli aggregati dovranno essere dosati per pesate singole o cumulative di almeno tre classi.

Il cemento dovrà essere sempre pesato con bilancia indipendente più sensibile di quella utilizzata per gli aggregati.

Il tenore di umidità di tutte le diverse classi di aggregati dovrà essere controllato almeno una volta al giorno e comunque ogni volta che cambiano le condizioni atmosferiche nel corso della giornata il tenore di umidità di tutti gli aggregati; inoltre le tramogge contenenti le sabbie dovranno essere dotate di strumenti idonei (sonde di rilevamento) a misurare l'umidità nelle sabbie stesse all'inizio di ciascuna pesata in modo da eseguire automaticamente la correzione di peso effettivo rispetto al teorico e la detrazione dell'acqua presente nell'aggregato. Per gli aggregati grossi, in assenza di sonde di rilevamento la percentuale di umidità potrà essere impostata in modo fisso in base alle rilevazioni giornaliere che dovranno essere registrate su idoneo modulo.

In centrale/impianto di betonaggio dovrà essere disponibile un quaderno dove dovranno essere riportati almeno una volta al giorno tutti i valori del tenore di umidità per le varie classi di aggregati confrontati, per quelli fini con quelli letti automaticamente dalle sonde. Per questi ultimi, nel caso in cui il valore letto dalle sonde differisca più dello 0,5% rispetto a quello ottenuto con la prova manuale dovranno essere indicati i provvedimenti apportati per la correzione della taratura delle sonde e per la correzione della miscela.

Il cemento, l'acqua, l'aggregato totale,e le aggiunte impiegate in quantità maggiori del 5%( in massa rispetto al cemento) dovranno essere dosati con precisione di almeno il 3% e gli additivi e le aggiunte impiegate in quantità inferiori del 5%( in massa rispetto al cemento)con una precisione del 5% per ogni singola classe in accordo con le specifiche della norma UNI EN 206-1:2006.

La centrale - impianto di betonaggio dovrà essere dotata di pesi campione o di altri dispositivi ausiliari di taratura, per controllare l'accuratezza di ogni misura in tutto il campo di valori consentito da ogni strumento. Verrà predisposto un programma di controlli delle tarature eseguito da personale qualificato: le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi, tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta all'anno.

L'impianto dovrà essere costruito in maniera tale che i componenti di un nuovo impasto non possano essere pesati finché non sia stata ultimata la pesata e Io scarico dei componenti dell'impasto precedente.

Nel luogo di produzione ed in cantiere, inoltre, saranno installati termometri atti a misurare la minima e la massima temperatura atmosferica giornaliera

L'impianto dovrà essere di tipo completamente automatizzato. Il sistema di gestione e controllo dell'impianto dovrà essere in grado di stampare per ogni carico una bolla ove devono essere riportati per le varie colonne:

- n° identificativo del mix in produzione;
- la classe di resistenza caratteristica
- la classe di esposizione ambientale
- la classe di consistenza
- i metri cubi trasportati
- soggetto (ad esempio APPALTATORE esecutrice) richiedente la fornitura;
- cantiere di destinazione;
- opera (ed eventualmente parte d'opera) cui si riferisce la fornitura;

- ora di fine carico del mix prodotto;
- identificazione (ad esempio targa) del mezzo di trasporto;
- per gli aggregati: Il diametro max;
- per i cementi: tipo, classe
- il rapporto acqua/cemento di progetto del mix (considerando gli aggregati saturi con superficie asciutta) e quello effettivamente ottenuto dopo il carico (dosaggio) tenuto anche conto dell'umidità degli aggregati.

Si dovrà inoltre avere automaticamente evidenza:

- ogni qual volta l'errore di dosaggio supera la tolleranza ammessa (2% per cemento, aggiunte, additivi ed acqua; 3% per ogni singola classe di aggregati);
- ogni qual volta si passa da funzionamento automatico a quello manuale dell'impianto.

Gli impasti dovranno rispondere ai requisiti di omogeneità di cui appresso e a tal fine il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere adeguati.

Al fine di garantire un migliore controllo del rapporto acqua/cemento e una corretta miscelazione dell'impasto, si raccomanda l'impiego di impianti di betonaggio con premiscelatore a satelliti, correzione automatica del rapporto acqua-cemento e controllo della consistenza.

In caso di impiego di impianti di betonaggio privi di premiscelatore onde garantire la corretta miscelazione dell'impasto in betoniera occorre che la stessa giri alla massima velocità per un tempo (T)

$$T \geq n+2$$

ove: n = numero dei metri cubi di calcestruzzo caricati;
T = tempo in minuti

La necessaria e/o prescritta lavorabilità potrà essere ottenuta, insieme ai bassi valori del rapporto A/C, mediante l'impiego di additivi fluidificanti o superfluidificanti e mai impiegando maggiori quantità di acqua complessiva rispetto a quella prevista nella composizione di progetto (mix - design) del conglomerato cementizio.

### 12.5.2. Trasporto e scarico

Il trasporto del conglomerato cementizio dal luogo del confezionamento a quello di impiego dovrà avvenire utilizzando mezzi ed attrezzature idonee ad evitare che si verifichi la segregazione dei vari componenti l'impasto o il deterioramento dell'impasto stesso.

Nel caso di miscelazione diretta in betoniera, ferme restando le prescrizioni del tempo di miscelazione fornite nel precedente punto, si dovrà fare in modo che una parte dell'acqua e di aggregato grosso venga caricata prima del cemento e degli altri aggregati.

Terminata la miscelazione e durante la movimentazione, si può osservare una graduale diminuzione, nel tempo, della lavorabilità provocata: dall'assorbimento dell'acqua d'impasto da parte degli aggregati, dall'inizio delle reazioni d'idratazione del cemento e dalla perdita d'acqua per evaporazione. L'entità della perdita di lavorabilità dipende dai costituenti il calcestruzzo (cemento, additivi, acqua, aggregati), dalla temperatura e dalla velocità di evaporazione dell'acqua di impasto.

Il tempo intercorrente tra il confezionamento dell'impasto all'impianto ed il getto non dovrà essere superiore a 60 minuti.

In caso di particolari condizioni operative (ad esempio getti in galleria a notevole distanza dall'imbocco), qualora sia stato eseguito uno specifico studio di qualifica del mix che ne attesti il mantenimento della lavorabilità nel tempo con controllo dell'abbassamento al cono di Abrams ogni 15' e qualora la temperatura esterna sia compresa nell'intervallo tra 5°C e 30°C, tale tempo potrà essere esteso fino a 90 minuti.

Nel caso in cui per il mantenimento della lavorabilità a lungo periodo occorresse una "ritempera" della miscela di calcestruzzo fresco, questa potrà avvenire solo mediante aggiunta di additivo superfluidificante secondo quanto specificato nei precedenti paragrafi.

Le betoniere dovranno essere esaminate periodicamente per verificare la diminuzione dell'efficacia dovuta sia ad accumulo di conglomerato indurito o legante che all'usura delle lame.

Durante il trasporto e successivamente, in caso di attesa dello scarico, la betoniera deve rimanere costantemente in movimento.

Non sono ammesse aggiunte di acqua o additivi alla consegna.

Le autobetoniere dovranno essere soggette a manutenzione programmata e tenute in buone condizioni operative, in modo che le proprietà del calcestruzzo non ne vengano negativamente influenzate. L'autobetoniera dovrà essere dotata di apposito libretto che attesti le revisioni periodiche effettuate (ogni 4000 mc. o almeno una volta al mese).

La movimentazione del calcestruzzo mediante pompa non ne deve alterare la composizione. Si raccomanda che la pompabilità risulti assicurata da:

- una corretta composizione granulometrica;
- un adeguato contenuto di parti fini;
- l'eventuale inserimento di aggiunte e/o additivazioni atte ad evitare aggiunte di acqua.

**E' fatto divieto di procedere ad aggiunte di acqua, additivi e qualsiasi altra sostanza nella tramoggetta di alimentazione della pompa.**

Nel caso di interruzione del flusso di pompaggio, per qualsiasi ragione, l'addetto alla pompa avrà cura di procedere a frequenti brevi aspirazioni e spinte del calcestruzzo per tenerlo in movimento all'interno delle tubazioni.

Nella messa in opera si raccomanda che:

- il terminale in gomma della pompa sia posto in posizione verticale per evitare la segregazione dell'impasto;
- nel caso di getti verticali, la tubazione della pompa venga fatta penetrare il più possibile nel cassero per ridurre al minimo il rischio di segregazione. dell'impasto;
- nel caso di getti su soletta, si eviti l'accumulo di rilevanti quantità di calcestruzzo.

Se pompato, il conglomerato cementizio dovrà avere alla bocca di uscita della tubazione il valore dello slump di progetto.

All'atto dello scarico saranno controllate l'omogeneità e la lavorabilità dell'impasto, con oneri e costi a carico dell'APPALTATORE che è il responsabile della qualità del calcestruzzo.

Ogni carico di conglomerato cementizio dovrà essere accompagnato da una bolla.

Tale documento così come previsto dalla Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale a cura del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP., deve contenere rispettivamente:

- nel caso di calcestruzzo preconfezionato:
  - la data e l'ora di confezione e i tempi d'inizio e fine getto (è opportuno, inoltre, che siano registrate le ore d'arrivo in cantiere, d'inizio e di fine scarico);
  - la classe d'esposizione ambientale;
  - la classe di resistenza caratteristica;
  - il tipo, la classe del cemento, ove specificato nell'ordine di fornitura;
  - il rapporto a/c, se prescritto;
  - la dimensione massima dell'aggregato;
  - la classe di consistenza;
  - i metri cubi trasportati;
- nel caso di calcestruzzo preparato in cantiere, deve essere almeno indicato:
  - la classe di resistenza caratteristica;
  - i metri cubi trasportati;

L'APPALTATORE sarà tenuto ad esibire dette bolle/documento, su richiesta, al personale della DIREZIONE LAVORI.

Così come viene riportato al p.to 11.8.2 del D.M. 14.01.2008, i documenti che accompagnano ogni fornitura di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato devono indicare gli estremi di tale certificazione.

Inoltre il Direttore dei Lavori, che è tenuto a verificare quanto indicato nel p.to 11.8.2 del D.M. 14.01.2008 in merito alle "Prescrizioni relative al calcestruzzo confezionato con il processo industrializzato" ed a rifiutare le eventuali forniture provenienti da impianti non conformi; dovrà comunque effettuare le prove di accettazione previste al p.to.11.2.5 D.M. 14.01.2008 e ricevere, prima dell'inizio della fornitura, copia della certificazione del controllo di processo produttivo.

Il personale dell'APPALTATORE dovrà conservare la documentazione nella quale è specificata la struttura a cui il carico di calcestruzzo è stato destinato.

In corso d'opera, così come previsto dal par. 11.2.5. del D.M. 14.01.2008, la DIREZIONE LAVORI ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici di accettazione (Tipo A e/o Tipo B), con oneri e costi a carico dell'APPALTATORE, ed eseguiti da laboratori Ufficiali di cui all'art. 59 del

DPR n.380/2001, per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto e sperimentalmente verificato in sede di valutazione preliminare eseguite dall'APPALTATORE (rif. 11.2.3. del D.M. 14.01.2008).

### 12.5.3. Getto e maturazione del conglomerato cementizio

12.5.3.1. Programmazione dei getti

L'APPALTATORE è tenuto a presentare, ogni settimana alla DIREZIONE LAVORI un modulo preventivamente concordato con la stessa riportante il dettagliato programma settimanale dei getti previsti per il piano successivo con indicati:

- il luogo, l'ora, l'opera e la struttura;
- i m3 di cls previsti, la classe di resistenza e i codici delle miscele utilizzate;
- i relativi impianti di confezionamento.

Ogni variazione al programma dovrà essere comunicata (salvo casi dovuti a motivi di sicurezza), in forma scritta, con un preavviso minimo di 24 ore.

12.5.3.2. Operazioni di getto

I getti potranno avere inizio solo dopo che il Direttore dei Lavori avrà verificato:

- preparazione e rettifica dei piani di posa;
- pulizia delle casseforme;
- posizione e corrispondenza al progetto delle armature e del copriferro;
- posizione delle eventuali guaine dei cavi per la precompressione;
- posizione degli inserti (giunti, water stop, ecc.).

Nel caso di getti contro terra si dovrà controllare con particolare cura che siano stati eseguiti, in conformità alle disposizioni di progetto:

- la pulizia del sottofondo;
- la posizione di eventuali drenaggi;
- la stesa di materiale isolante o di collegamento.

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto e alle eventuali prescrizioni aggiuntive.

Al ricevimento del calcestruzzo a piè d'opera l'APPALTATORE dovrà opportunamente verificare:

- che nel corso del trasporto siano state applicate le precauzioni atte a ridurre la perdita di lavorabilità e ad evitare la segregazione;
- la corrispondenza tra i requisiti ed i dati riportati nei documenti d'accompagnamento;
- l'aspetto del conglomerato fresco.

Nel caso di dubbio sulla conformità l'APPALTATORE dovrà effettuare i necessari controlli.

Possono essere rilevate direttamente (a piè d'opera) alcune difformità legate all'aspetto del calcestruzzo quali: colore, composizione degli aggregati, diametro massimo dell'aggregato.

Tali differenze devono essere segnalate al responsabile della produzione del calcestruzzo e, se del caso, danno origine al rifiuto.

In conformità alle disposizioni vigenti, i controlli sulle caratteristiche del calcestruzzo fresco devono essere effettuati con prelievi a piè d'opera e, nel caso del calcestruzzo preconfezionato, i controlli devono essere eseguiti al momento dello scarico in contraddittorio tra le parti interessate alla fornitura. La tabella seguente , estratta dalle Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive redatte dal STC del CSLLPP (*febbraio 2008*), riporta lo schema dei possibili controlli da svolgere sul calcestruzzo fresco, alcuni dei quali sono specificati nella UNI EN 206-1.

| | **Procedura** | **Requisiti** | **Frequenza** |
|---|---|---|---|
| Documento di produzione o bolla d'accompagnamento | Verifica visiva | Conformità alle specifiche | Ogni partita (consegna) |
| Consistenza (lavorabilità) del calcestruzzo | Verifica visiva e controllo secondo il metodo di riferimento | Conformità alla classe di consistenza | Quando opportuno, nel corso dei prelievi per la valutazione della resistenza |
| Omogeneità del calcestruzzo | Verifica visiva e/o confronto tra le proprietà di differenti partite (consegne) | Aspetto uniforme, e di sottocampioni omogenei. | In caso di dubbio |
| Massa volumica del calcestruzzo fresco | UNI EN 12350-6 | Verifica della miscela | Se richiesto dalle specifiche tecniche o dalla Direzione Lavori |
| Dosaggio in cemento | Controllo della quantità pesata decostituenti nella preparazione dell'impasto | Verifica della miscela | Se richiesto dalle specifiche tecniche o dalla Direzione Lavori |
| Dosaggio in acqua e rapporto acqua/cemento | Controllo della quantità dosata nell'impasto o secondo metodologia da concordarsi tra le parti | Verifica della miscela | Se richiesto dalle specifiche tecniche o dalla Direzione Lavori |
| Prelievo di campioni per verifica della resistenza a compressione. | Secondo le procedure previste dalla norma | Verifica Rck alla scadenza ordinaria e se necessario alle brevi tagionature | Secondo le vigenti norme tecniche e/o secondo le specifiche progettuali, se più restrittive |
| Contenuto d'aria | UNI EN 12350-7 | Conformità alle specifiche. | Se richiesto per la classe di esposizione e nelle specifiche progettuali |
| Altre caratteristiche ora di consegna, ora di messa in opera temperatura calcestruzzo fresco | Registrazione | | Secondo richiesta |
| Rilavorazione (per riprendere la consistenza prescritta) | Registrazione. La rilavorazione deve essere vietata se comporta una riduzione inaccettabile delle prestazioni del calcestruzzo | Dosaggio e tipo d'additivo aggiunto | Ogni qual volta è effettuata |

Nel caso in cui la resistenza a compressione dei provini prelevati durante la fase di getto, per ottemperare al controllo di accettazione (par. 11.2.5 del D.M. 14.01.2008) non soddisfino i criteri di

accettazione della classe di resistenza prevista in progetto, oppure sorgano dubbi sulla qualità e rispondenza del calcestruzzo ai valori di resistenza determinati nel corso della qualificazione della miscela, la DIREZIONE LAVORI dovrà procedere alla esecuzione di ulteriori controlli di accettazione da eseguirsi su l calcestruzzo in opera (par. 11.2.6 del D.M. 14.01.2008), con oneri e costi a carico dell'APPALTATORE.

Durante la fase di getto in nessun caso si dovranno verificare cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento, in caso contrario l'APPALTATORE, a sua cura e spese, dovrà provvedere al relativo ripristino.

Prima del getto tutte le superfici di contenimento del calcestruzzo dovranno essere pulite, lavate con acqua o aria in pressione e trattate con prodotti disarmanti preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori; se porose, dovranno essere mantenute umide per almeno due ore prima dell'inizio dei getti. I ristagni d'acqua dovranno essere allontanati dal fondo.

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti a evitarne la segregazione. L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, misurata dall'uscita dello scivolo o della bocca del tubo convogliatore, non dovrà mai essere maggiore di 100 cm. Il calcestruzzo dovrà cadere verticalmente ed essere steso in strati orizzontali, di spessore misurato dopo la vibrazione comunque non maggiore di 50 cm .

Il calcestruzzo dovrà essere posto in opera e addensato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee, perfettamente regolari, senza vespai o nidi di ghiaia ed esenti da macchie o chiazze. In caso contrario l'APPALTATORE dovrà procedere con la eliminazione delle non conformità riscontrate a sua cura e spese, sottoponendone le modalità esecutive preventivamente alla DIREZIONE LAVORI per le dovute approvazioni.

I vespai eventualmente formatisi durante la posa in opera dovranno essere dispersi prima della vibrazione del calcestruzzo.

A meno che non sia altrimenti stabilito, il calcestruzzo dovrà essere addensato con un numero di vibratori a immersione o a parete determinato, prima di ciascuna operazione di getto, in relazione alla classe di consistenza del calcestruzzo, alle caratteristiche dei vibratori e alla dimensione del getto stesso, la durata della vibrazione è determinata da tempo intercorso dall'immersione totale del vibratore fino all'affioramento in superficie della boiacca. Per omogeneizzare la massa durante il costipamento di uno strato i vibratori a immersione dovranno penetrare per almeno 5 cm nello strato inferiore.

E' vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore, in quanto questo procedimento può provocare l'affioramento della pasta cementizia e la segregazione.

Per limitare l'altezza di caduta libera del calcestruzzo, si dovrà utilizzare un tubo di getto che consenta al calcestruzzo di fluire all'interno di quello precedentemente messo in opera.

Le attrezzature non funzionanti dovranno essere immediatamente sostituite in modo che le operazioni di costipamento non vengano rallentate o risultino insufficienti.

La movimentazione del calcestruzzo dal mezzo di trasporto al punto di messa in opera può essere effettuata mediante uno dei seguenti dispositivi:

**a)** Canaletta;
**b)** Benna;
**c)** nastro trasportatore;
**d)** pompa;

L'APPALTATORE dovrà scegliere il mezzo tenendo in considerazione le caratteristiche del calcestruzzo allo stato fresco, la distanza tra il punto d'arrivo del mezzo e quello di getto, le condizioni climatiche, la conformazione delle casseforme e del cantiere, le attrezzature di compattazione disponibili e la velocità d'avanzamento prevista. In particolare:

a) Nel caso della movimentazione mediante **canaletta**, questa deve avere pendenza e lunghezza compatibili con la classe di consistenza del calcestruzzo. Generalmente le autobetoniere sono attrezzate con canalette che consentono la distribuzione diretta del calcestruzzo entro il raggio d'alcuni metri. E' opportuno che, per proteggere il calcestruzzo dal rapido essiccamento, la canaletta sia protetta dal vento e dal sole. Per evitare la segregazione del calcestruzzo, all'atto dello scarico e nell'eventuale passaggio da una canaletta all'altra, si predispone una tramoggia che accompagna la discesa del calcestruzzo in direzione verticale. La segregazione è infatti provocata non tanto dalla lunghezza della canaletta quanto dalla caduta libera del calcestruzzo alla sua estremità. La canaletta deve essere accuratamente ripulita al termine di ogni operazione di scarico. Per motivi di sicurezza, le canalette delle autobetoniere devono essere opportunamente vincolate in modo da evitare gli spostamenti laterali, i sostegni della canaletta di cantiere devono essere idonee a sopportare il carico statico e dinamico del calcestruzzo.
b) La **benna** permette di movimentare quantità ridotte di calcestruzzo in punti dislocati in modo disperso nella struttura in costruzione. Questa soluzione è preferibile nei casi in cui si operi a quote elevate rispetto al piano di consegna del calcestruzzo e sia installata una gru. La gru permette di distribuire in modo efficace il calcestruzzo entro un ampio raggio d'azione in virtù della capacità dei movimenti traslatori orizzontali, verticali e rotazionali. I limiti di questo sistema di movimentazione sono la portata ed i vincoli della gru. Si deve tener presente che, all'aumentare dello sbraccio, la gru riduce la propria capacità di sollevamento. Le specifiche del calcestruzzo idoneo ad essere movimentato mediante benna riguardano solo la consistenza, che deve essere tale da far defluire il calcestruzzo dalla bocca senza segregare. Per accompagnare il calcestruzzo entro le casseforme delle strutture verticali, evitando la caduta libera che provoca la segregazione, è consigliabile l'impiego di un tubo getto che, immerso nella superficie del calcestruzzo fresco, ne permetta l'immissione dal basso o, in alternativa, l'applicazione alla bocca di scarico della benna di un tubo di gomma flessibile, avente diametro di 15 – 20 cm e lunghezza tale da ridurre la caduta libera del calcestruzzo a meno di 50 cm. Tale accorgimento è particolarmente importante per i calcestruzzi fluidi (consistenza = S4 secondo la norma UNI EN 206-1) e per quelli autocompattanti.
c) Il trasporto mediante **nastro** è condizionato dalle proprietà del calcestruzzo che non deve segregare, non deve essiccare in modo rilevante e non deve "aderire" al nastro. Il nastro di

ritorno, ripulito mediante gli specifici raschia-nastro, deve rimanere liberato dalla malta o pasta cementizia. Per evitare la segregazione allo scarico è opportuno predisporre, all'estremità del nastro, una tramoggia che permetta lo scarico verticale. Nel caso in cui sia necessario utilizzare più di un nastro, per evitare la segregazione, è opportuno inserire una tramoggia per trasferire il calcestruzzo da un nastro all'altro. Per salvaguardare l'omogeneità del calcestruzzo è necessario stabilire ed ottimizzare la velocità di traslazione e la pendenza del nastro. Questo tipo di movimentazione è idoneo per calcestruzzi di consistenza plastica (S3) o più rigidi, senza limitazioni per la dimensione massima dell'aggregato.

d) Le prestazioni operative delle **pompe** sono espresse in termini di potenza, portata e pressione massima d'esercizio, che condizionano la possibile distanza e prevalenza (altezza) di pompaggio del calcestruzzo. Le caratteristiche della pompa: (portata, distanza ed altezza di pompaggio) devono essere prese in considerazione nell'organizzazione del cantiere in modo che il mezzo sia appropriato alle esigenze del getto. Le pompe per calcestruzzo, in base alle loro caratteristiche, possono essere così classificate:
    a. pompe su autocarro, od autocarrate. Rappresentano il tipo di pompa più comune, sono usate nei cantieri in cui il braccio idraulico ha sufficiente spazio per muoversi ed il punto di posa del calcestruzzo dista 30-40 metri dalla pompa
    b. pompe su autobetoniera, o auto-beton-pompe hanno capacità ridotta sia in termini di portata sia di distanza di trasporto, il loro impiego è dedicato ai cantieri di medio impegno. Spesso pompano il solo calcestruzzo trasportato dalla betoniera stessa, ma il loro impiego non comporta l'impegno di una macchina dedicata
    c. pompe carrellate. Sono usate in postazioni fisse, in grossi cantieri che richiedono frequenti pompaggi di consistenti quantitativi di calcestruzzo. Alla pompa sono collegati elementi di tubazione fissi ed, in alcuni casi (grattacieli, alte pile di ponti, …), alla loro estremità è collegato un braccio idraulico di distribuzione. Le pompe carrellate trovano impiego anche nei piccoli cantieri ove non c'è spazio sufficiente (es.: nei centri storici) per posizionare una pompa autocarrata e la benna della gru non è in grado di raggiungere i punti di getto.

All'estremità della tubazione metallica di pompaggio generalmente è inserito un tubo flessibile che facilita la distribuzione del calcestruzzo entro le casseforme, ma che, di contro, induce una maggiore perdita di carico rispetto a quello metallico. Per motivi di sicurezza si deve evitare di sottoporre la tubazione flessibile a curve strette, ponendo attenzione ai possibili repentini scuotimenti dovuti ad aumenti della pressione di pompaggio. Le tubazioni fisse devono essere disposte secondo un tracciato il più lineare possibile, evitando la formazione di curve strette. Per evitare pericolose espulsioni di calcestruzzo dovute a cedimenti delle tubazioni in pressione, è necessario verificare sistematicamente lo stato delle tubazioni e, in modo particolare, il loro stato di usura, nonché il corretto fissaggio degli elementi di congiunzione. Nella stagione estiva è bene proteggere le tubazioni dall'esposizione diretta ai raggi solari in modo da limitarne il riscaldamento. Prima di iniziare il pompaggio, la superficie interna della tubazione deve essere lubrificata con boiacca cementizia o apposito additivo compatibile con il calcestruzzo. Una volta iniziato il flusso, il calcestruzzo stesso mantiene la superficie di contatto rivestita di boiacca. La boiacca cementizia di lubrificazione non può essere miscelata con il calcestruzzo ed immessa nei casseri. Affinché l'operazione di pompaggio possa procedere in modo soddisfacente, è necessario che l'impasto sia alimentato in modo continuo, risulti uniforme, di buona qualità,

omogeneamente mescolato e correttamente dosato, con aggregati di adeguato assortimento granulometrico. E' buona norma prevedere un diametro massimo dell'aggregato non eccedente un quarto del diametro della tubazione e non maggiore di 32 mm. Il calcestruzzo, spinto dal movimento alterno dei pistoni, deve poter fluire nelle tubazioni senza contraccolpi, in modo continuo. Nel caso in cui, a seguito delle esigenze di posa in opera, sia necessario interrompere il pompaggio, per impedirne l'intasamento, l'operatore della pompa opera brevi ed alterni movimenti di spinta ed aspirazione del calcestruzzo. Dopo 10 ÷ 20 minuti d'interruzione, in relazione alla temperatura dell'ambiente, è necessario effettuare la pulizia del sistema. É opportuno che, a lato dell'ordine (nelle specifiche) sia segnalata la previsione di pompare il calcestruzzo. La consistenza ideale del calcestruzzo pompabile è compresa tra S3 – S5; i calcestruzzi più rigidi possono essere egualmente pompati senza problemi a condizione che abbiano una buona coesione. Nel caso del pompaggio verso il basso, è importante che sia corretta la composizione del calcestruzzo, giacché la depressione che si forma nel tubo può produrre il risucchio dell'acqua con conseguente problema d'intasamento. La pompa deve essere disposta, specialmente in condizioni di clima caldo, il più possibile prossima al sito di messa in opera. Prima d'ogni utilizzo è necessario verificare il funzionamento e l'efficienza di tutte le parti della pompa stessa. La messa in opera mediante pompa del calcestruzzo alleggerito preparato con argilla espansa richiede particolari avvertenze. L'aggregato leggero deve essere pre-saturato con acqua prima della miscelazione con gli altri costituenti. Se l'aggregato non è saturo d'acqua, la pressione elevata che si stabilisce nella pompa e nelle tubazioni costringe l'acqua a migrare all'interno dei granuli con conseguenti problemi di bloccaggio. A parità di portata, per il pompaggio dei calcestruzzi autocompattanti, si deve prevedere una maggiore pressione di quella necessaria al pompaggio dei calcestruzzi ordinari; per non sovraccaricare la pompa è opportuno ridurre la velocità di flusso aumentando la sezione dei tubi.

Per getti in pendenza l'APPALTATORE dovrà predisporre dei cordolini di arresto che evitino la formazione di lingue di calcestruzzo troppo sottili per essere vibrate efficacemente.

Nel caso di getti da eseguire in **presenza d'acqua** l'APPALTATORE dovrà adottare gli accorgimenti necessari per impedire che l'acqua dilavi il calcestruzzo e ne pregiudichi la regolare presa e maturazione; inoltre dovrà provvedere con i mezzi più adeguati all'aggottamento o alla deviazione della stessa e adottare per l'esecuzione dei getti miscele con caratteristiche idrorepellenti ed antidilavamento preventivamente autorizzate dal Direttore dei Lavori; utilizzare delle tecniche di posa in opera che permetta di gettare il calcestruzzo fresco dentro il calcestruzzo precedentemente gettato, in modo da far rifluire il calcestruzzo verso l'alto, limitando così il contatto diretto tra l'acqua ed il calcestruzzo fresco in movimento.

Nel caso sia prescritto l'uso di calcestruzzo autocompattante, questo deve essere versato nelle casseforme in modo da evitare la segregazione e favorire il flusso attraverso le armature e le parti più difficili da raggiungere nelle casseforme. L'immissione per mezzo di una tubazione flessibile può facilitare la distribuzione del calcestruzzo. Se si usa una pompa, una tramoggia o se si fa uso della benna, il terminale di gomma deve essere predisposto in modo che il calcestruzzo possa distribuirsi omogeneamente entro la cassaforma; per limitare il tenore d'aria occlusa è opportuno che il tubo di scarico rimanga sempre immerso nel calcestruzzo. Nel caso di getti verticali ed

impiego di pompa, qualora le condizioni operative lo permettano, si suggerisce di immettere il calcestruzzo dal fondo. Questo accorgimento favorisce la fuoriuscita dell'aria e limita la presenza di bolle d'aria sulla superficie. L'obiettivo è raggiunto fissando al fondo della cassaforma un raccordo di tubazione per pompa, munito di saracinesca, collegato al terminale della tubazione della pompa. Indicativamente un calcestruzzo autocompattante ben formulato ha una distanza di scorrimento orizzontale di circa 10 metri; tale distanza dipende comunque anche dalla densità delle armature.

12.5.3.3. Riprese di getto

Di norma i getti dovranno essere eseguiti senza soluzione di continuità, in modo da evitare ogni ripresa e conseguire la necessaria continuità strutturale. Nel caso ciò non fosse possibile, a insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori, prima di poter effettuare la ripresa, l'APPALTATORE dovrà fare in modo che la superficie del calcestruzzo indurito venga accuratamente pulita, lavata, spazzolata e scalfita fino a diventare sufficientemente rugosa, così da garantire una perfetta aderenza con il getto successivo; ciò potrà essere ottenuto anche mediante l'impiego di additivi ritardanti o di ritardanti superficiali o con specifici adesivi per ripresa di getto (resine).

Anche se le soluzioni sopraindicate mirano ad ottenere il monolitismo tra i getti successivi, per assicurare la continuità strutturale, le riprese di getto devono essere orientate su piani quanto più possibili ortogonali alla direzione dei flussi di compressione che si destano poi nella struttura in servizio, in modo da garantire un'imposta efficace per tali compressioni.

Quando sono presenti armature metalliche (barre) attraversanti le superfici di ripresa, occorre fare sì che tali barre, in grado per la loro natura di resistere al taglio, possano funzionare più efficacemente come elementi tesi in tralicci resistenti agli scorrimenti, essendo gli elementi compressi costituiti da aste virtuali di calcestruzzo che, come si è detto in precedenza, abbiano a trovare una buona imposta ortogonale rispetto al loro asse (questo è ad esempio, il caso delle travi gettate in più riprese sulla loro altezza) .

Dovranno essere definiti i tempi massimi di ricopertura dei vari strati successivi, così da consentire l'adeguata rifluidificazione e conseguentemente l'omogeneizzazione della massa di calcestruzzo per mezzo di vibrazione.

Tra le successive riprese di getto non si dovranno avere distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore; in caso contrario l'APPALTATORE dovrà provvedere ad applicare adeguati trattamenti superficiali traspiranti al vapore d'acqua.

Nelle strutture impermeabili dovrà essere garantita la tenuta all'acqua dei giunti di costruzione con idonei accorgimenti, da indicare nel progetto e preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori, quali la prescrizione di miscele impermeabili, l'interposizione di giunti waterstop, la continuità del getto.

La DIREZIONE LAVORI avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che i getti siano eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa, anche se ciò

comporta che il lavoro debba essere condotto a turni, durante le ore notturne ed anche in giornate festive, senza che all'APPALTATORE non spetti nulla di più di quanto previsto contrattualmente.

12.5.3.4.Getti in clima freddo

Ai fini del getto del calcestruzzo, il clima si definisce "freddo" quando la temperatura dell'aria è minore di 5°C.

In queste condizioni il getto potrà essere eseguito dietro il rispetto delle seguenti prescrizioni:

- nel caso in cui la temperatura dell'aria sia compresa fra 0°C e + 5° C, la produzione e la posa in opera del conglomerato cementizio dovranno essere sospese, a meno che non sia garantita una temperatura dell'impasto al momento del getto non inferiore a + 10°C;
- questa temperatura potrà essere ottenuta eventualmente anche mediante un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti e/o dell'acqua di impasto all'impianto di betonaggio. In questo caso, però, la temperatura raggiunta dall'impasto non deve mai essere superiore a 25°C.
- per temperature comprese fra -4°C e 0°C è ammessa esclusivamente l'esecuzione di getti relativi a fondazioni, pali e diaframmi, ferme restando le condizioni dell'impasto di cui ai punti precedenti.

Per i plinti bisognerà comunque adottare le seguenti precauzioni:

- adottare la massima cura nella vibrazione e compattazione del conglomerato;
- proteggere ed isolare i getti mediante opportune protezioni da concordare preventivamente con la DL onde permettere l'avvio della presa ed evitare la dispersione del calore di idratazione;
- mantenere le strutture casserate per un periodo minimo di due giorni;
- scegliere, per il getto, le ore più calde della giornata.
- In ogni caso, prima del getto la neve e il ghiaccio devono essere rimossi dai casseri, dalle armature e dal sottofondo
- in nessun caso un getto può essere eseguito quando la temperatura dell'aria esterna è inferiore a -4°C.

Il calcestruzzo deve essere protetto dagli effetti del clima freddo durante tutte le fasi di preparazione, movimentazione, messa in opera, maturazione.

Si consiglia di coibentare la cassaforma fino al raggiungimento della resistenza prescritta; in fase di stagionatura, si consiglia di ricorrere all'uso di agenti anti-evaporanti nel caso di superfici piane, o alla copertura negli altri casi, e di evitare ogni apporto d'acqua sulla superficie. Gli elementi a sezione sottile messi in opera in casseforme non coibentate, esposti sin dall'inizio a basse temperature ambientali richiedono un'attenta e sorvegliata stagionatura. Nel caso in cui le condizioni climatiche portino al congelamento dell'acqua prima che il calcestruzzo abbia raggiunto una sufficiente resistenza alla compressione (5 $N/mm^2$), il conglomerato può danneggiarsi in modo irreversibile.

II valore limite (5 $N/mm^2$) corrisponde ad un grado d'idratazione sufficiente a ridurre il contenuto in acqua libera e a formare un volume d'idrati in grado di ridurre gli effetti negativi dovuti al gelo. Durante le stagioni intermedie e/o in condizioni climatiche particolari (alta

montagna) nel corso delle quali c'è comunque possibilità di gelo, tutte le superfici del calcestruzzo vanno protette, dopo la messa in opera, per almeno 24 ore. La protezione nei riguardi del gelo durante le prime 24 ore non impedisce comunque un ritardo, anche sensibile, nell'acquisizione delle resistenze nel tempo. Nella tabella seguente sono riportate le temperature consigliate per il calcestruzzo in relazione alle condizioni climatiche ed alle dimensioni del getto.

| Dimensione minima della sezione [$mm^2$] | | | |
|---|---|---|---|
| < 300 | 300 ÷ 900 | 900 ÷ 1800 | > 1800 |
| **Temperatura minima del calcestruzzo al momento della messa in opera** | | | |
| 13 °C | 10 °C | 7 °C | 5 °C |
| **Massima velocità di raffreddamento per le superfici del calcestruzzo al termine del periodo di protezione** | | | |
| 1,15 °C/h | 0,90 °C/h | 0,70 °C/h | 0,45 °C/h |

Durante il "periodo freddo" la temperatura del calcestruzzo fresco messo in opera nelle casseforme non dovrebbe essere inferiore ai valori riportati in tabella. In relazione alla temperatura ambiente ed ai tempi di attesa e di trasporto si deve prevedere un raffreddamento di 2 – 5°C tra il termine della misc elazione e la messa in opera. Durante il periodo freddo è rilevante l'effetto protettivo delle casseforme: ad esempio, quelle metalliche offrono una protezione efficace solo se sono opportunamente coibentate.

Al termine del periodo di protezione, necessario alla maturazione, il calcestruzzo deve essere raffreddato gradatamente per evitare il rischio di fessure provocate dalla differenza di temperatura tra parte interna ed esterna. La diminuzione di temperatura sulla superficie del calcestruzzo, durante le prime 24 ore, non dovrebbe superare i valori riportati in tabella. Si consiglia di allontanare gradatamente le protezioni facendo in modo che il calcestruzzo raggiunga gradatamente l'equilibrio termico con l'ambiente.

12.5.3.5.Getti in clima caldo

Il clima caldo influenza la qualità sia del calcestruzzo fresco, che di quello indurito. Infatti provoca una troppo rapida evaporazione dell'acqua di impasto ed una velocità di idratazione del cemento eccessivamente elevata.

Se durante le operazioni di getto la temperatura dell'aria supera i 35°C all'ombra, la temperatura dell'impasto non dovrà superare i 30°C; tale limite potrà essere convenientemente abbassato per getti massivi.

La temperatura delle casseforme dovrà essere ricondotta a tale valore con tolleranza di 5°C mediante preventivi getti esterni di acque fredda.

Al fine di abbassare la temperatura del calcestruzzo potrà essere usato ghiaccio, in sostituzione di parte dell'acqua di impasto, o gas refrigerante di cui sia garantita la neutralità nei riguardi delle caratteristiche del calcestruzzo e dell'ambiente.

Per ritardare la presa del cemento e facilitare la posa e la finitura del calcestruzzo potranno essere impiegati additivi ritardanti, o fluidificanti ritardanti di presa, preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori.

**12.5.4. Compattazione del calcestruzzo**

Quando il calcestruzzo fresco è versato nella cassaforma, contiene molti vuoti e tasche d'aria racchiusa tra gli aggregati grossolani rivestiti parzialmente da malta. Il volume di tale aria, che si aggira tra il 5 ed 20 %, dipende dalla consistenza del calcestruzzo, dalla dimensione della cassaforma, dalla distribuzione e dall'addensamento delle barre d'armatura e dal modo con cui il calcestruzzo è stato versato nella cassaforma.

Se il calcestruzzo indurisse in questa condizione risulterebbe disomogeneo, poroso, poco resistente e scarsamente aderente alle barre d'armatura. Per raggiungere le proprietà desiderate, il calcestruzzo deve essere compattato. Pertanto l'APPALTATORE con la idonea compattazione ingenera un processo mediante il quale le particelle solide del calcestruzzo fresco si serrano tra loro riducendo i vuoti.

Tale processo può essere effettuato mediante: vibrazione, centrifugazione, battitura, assestamento.

La vibrazione consiste nell'imporre al calcestruzzo fresco rapide vibrazioni che fluidificano la malta e drasticamente riducono l'attrito interno esistente tra gli aggregati. In questa condizione il calcestruzzo si assesta per effetto della forza di gravità, fluisce nelle casseforme, avvolge le armature ed espelle l'aria intrappolata. Al termine della vibrazione l'attrito interno ristabilisce lo stato di quiete e il calcestruzzo risulta denso e compatto.

I vibratori possono essere:

a) interni
b) esterni.

I **vibratori interni**, detti anche ad immersione o ad ago, sono i più usati nei cantieri, essi sono costituiti da una sonda o ago, contenente un albero eccentrico azionato da un motore tramite una trasmissione flessibile. Il loro raggio d'azione, in relazione al diametro, varia tra 0,2 e 0,6 m mentre la frequenza di vibrazione, quando il vibratore è immerso nel calcestruzzo, è compresa tra 90 e 250 Hz. Per effettuare la compattazione l'ago vibrante è introdotto verticalmente, è spostato da punto a punto nel calcestruzzo, con tempi di permanenza da 5 a 30 sec. L'effettivo completamento della compattazione può essere valutato dall'aspetto della superficie, che non deve essere né porosa né eccessivamente ricca di malta. L'estrazione dell'ago deve essere graduale ed effettuata in modo da permettere la richiusura del foro da esso lasciato. L'ago deve essere introdotto per l'intero spessore del getto fresco, e per 5-10 cm in quello sottostante, se questo è ancora lavorabile. In tal modo si ottiene un adeguato legame tra gli strati e si impedisce la formazione di un "giunto freddo" tra due

strati di getti sovrapposti. I cumuli che inevitabilmente si formano quando il calcestruzzo è versato nei casseri devono essere livellati inserendo il vibratore entro la loro sommità.

**Per evitare la segregazione, il calcestruzzo non deve essere spostato lateralmente con i vibratori mantenuti in posizione orizzontale, operazione che comporterebbe un forte affioramento di pasta cementizia con contestuale sedimentazione degli aggregati grossi.**

La vibrazione ottenuta affiancando il vibratore alle barre d'armatura è tollerata solo se: l'addensamento tra le barre impedisce l'ingresso del vibratore ed a condizione che, non ci siano sottostanti strati di calcestruzzo in fase d'indurimento.

Qualora il getto comporti la messa in opera di più strati, si dovrà programmare la consegna del calcestruzzo in modo che ogni strato sia disposto sul precedente quando questo è ancora allo strato plastico così da evitare i "giunti freddi".

I **vibratori esterni** sono utilizzati generalmente negli impianti di prefabbricazione; possono comunque essere utilizzati anche nei cantieri quando la struttura è complessa o l'addensamento delle barre d'armatura limita o impedisce l'inserimento di un vibratore ad immersione. I vibratori superficiali applicano la vibrazione tramite una sezione piana appoggiata alla superficie del getto, in questo modo il calcestruzzo è sollecitato in tutte le direzioni e la tendenza a segregare è minima. Un martello elettrico può essere usato come vibratore superficiale se combinato con una piastra d'idonea sezione. Per consolidare sezioni sottili è utile l'impiego di rulli vibranti. Per pavimentazioni stradali sono disponibili finitrici vibranti e macchinari di vario genere, i cui dettagli esulano dallo scopo di questo documento.

I calcestruzzi con classi di consistenza S1 e S2, che allo stato fresco sono generalmente rigidi, richiedono una compattazione più energica dei calcestruzzi di classe S3 o S4, aventi consistenza plastica o plastica fluida.

**La lavorabilità di un calcestruzzo formulato originariamente con poca acqua, non può essere migliorata aggiungendo acqua. Tale aggiunta penalizza la resistenza e dà luogo alla formazione di una miscela instabile che tende a segregare durante la messa in opera**.

Quando necessario possono essere utilizzati degli additivi fluidificanti o, talvolta, superfluidificanti.

L'APPALTATORE nel predisporre il sistema di compattazione deve prendere in considerazione la consistenza effettiva del calcestruzzo al momento della messa in opera che, per effetto della temperatura e della durata di trasporto, può essere inferiore a quella rilevata al termine dell'impasto.

### 12.5.5. Prevenzione delle fessure da ritiro plastico

A getto ultimato dovrà essere curata la stagionatura dei conglomerati cementizi in modo da evitare un rapido prosciugamento delle superfici esposte all'aria dei medesimi (favorito da tempo secco e ventilato) e la **conseguente formazione di fessure da ritiro plastico**, usando tutte le

cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo, fermo restando che il sistema proposto dall'APPALATORE dovrà essere approvato dalla DIREZIONE LAVORI.

A questo fine le superfici del conglomerato cementizio non protette dalle casseforme dovranno essere mantenute umide il più a lungo possibile e comunque per almeno 7 d, sia per mezzo di prodotti antievaporanti (curing), da applicare a spruzzo immediatamente dopo il getto, sia mediante continua bagnatura con acqua nebulizzata, evitando ruscellamento d'acqua, sia con applicazione di teli di tessuto da mantenere bagnati, sia infine con teli di plastica.

I prodotti antievaporanti (curing), dovranno essere conformi a quanto indicato nella Norma UNI 8656. ed il loro dosaggio essere approvati dalla DIREZIONE LAVORI. La costanza della composizione dei prodotti antievaporanti dovrà essere verificata al momento del loro approvvigionamento.

**In particolare per le solette, che sono soggette all'essiccamento prematuro ed alla fessurazione da ritiro plastico che ne deriva, è fatto obbligo di applicare sistematicamente i provvedimenti di cui sopra.**

È ammesso in alternativa l'impiego, anche limitatamente ad uno strato superficiale di spessore non minore di 20 cm, di conglomerato cementizio rinforzato da fibre di resina sintetica di lunghezza da 20 a 35 mm, di diametro d'alcuni millesimi di millimetro aggiunti nella betoniera e dispersi uniformemente nel conglomerato cementizio, in misura di 0,5÷1,5 kg/m³.

Qualora sulla superficie di manufatti, in particolare delle solette di impalcato si rilevi la formazione diffusa di cavillature (apertura minore di 0,3 mm) in misura giudicata eccessiva dalla DIREZIONE LAVORI, sarà a carico dell'APPALTATORE l'applicazione sull'intera superficie di manufatti una rasatura (spessore di 1-2 mm) di prodotto impermeabile polimero cementizio.

Nel caso che sui manufatti si rilevino manifestazioni di ritiro plastico con formazione di fessure d'apertura superiore a 0,3 mm, in misura complessivamente minore di un metro lineare per 250 m2, l'APPALTATORE dovrà provvedere a sua cura e spese alla sigillatura mediante iniezione di dette fessure con resina epossidica extra fluida.

Se il fenomeno fessurativo risultasse ancora più intenso, l' APPALTATORE dovrà provvedere a sua cura e spese alla demolizione ed al rifacimento delle strutture danneggiate.

Per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture è necessario, come previsto dal DM del 2008 al punto 4.1.2.2.4, non superare uno stato limite di fessurazione adeguato alle condizioni ambientali, alle sollecitazioni ed alla sensibilità delle armature alla corrosione. Nella tabella 4.1.IV (riportata nel par. 4.1.2.2.4.5 del DM 2008) sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione:

**Tabella 4.1.IV** – *Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione*

| Gruppi di esigenze | Condizioni ambientali | Combinazione di azioni | Armatura | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Sensibile | | Poco sensibile | |
| | | | Stato limite | $w_d$ | Stato limite | $w_d$ |
| a | Ordinarie | frequente | ap. fessure | $\leq w_2$ | ap. fessure | $\leq w_3$ |
| | | quasi permanente | ap. fessure | $\leq w_1$ | ap. fessure | $\leq w_2$ |
| b | Aggressive | frequente | ap. fessure | $\leq w_1$ | ap. fessure | $\leq w_2$ |
| | | quasi permanente | decompressione | - | ap. fessure | $\leq w_1$ |
| c | Molto aggressive | frequente | formazione fessure | - | ap. fessure | $\leq w_1$ |
| | | quasi permanente | decompressione | - | ap. fessure | $\leq w_1$ |

Nella tabella i valori limite di apertura delle fessure - $w_d$ sono pari a:

$w_1$ = 0.2 mm
$w_2$ = 0.3 mm
$w_3$ = 0.4 mm

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possone essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive (par. 4.1.2.2.4.3 DM 2008) in relazione a quanto indicato nella Tab. 4.1.III con riferimento alle classi di esposizione definite nelle Linee Guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal Servizo Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

**Tabella 4.1.III** – *Descrizione delle condizioni ambientali*

| CONDIZIONI AMBIENTALI | CLASSE DI ESPOSIZIONE |
|---|---|
| Ordinarie | X0, XC1, XC2, XC3, XF1 |
| Aggressive | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 |
| Molto aggressive | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4 |

### 12.5.6. Stagionatura e Durata della Stagionatura

Dopo la messa in opera e la compattazione, l'APPALTATORE dovrà adottare idonei accorgimenti affinchè il calcestruzzo venga **stagionato** e protetto dall'essiccamento in modo da:

- *evitare l'interruzione dell'idratazione;*
- *ridurre il ritiro in fase plastica e nella fase iniziale dell'indurimento (1 ÷ 7gg);*
- *far raggiungere un'adeguata resistenza meccanica alla struttura (prescritta);*
- *ottenere un'adeguata compattezza e durabilità della superficie;*
- *migliorare la protezione nei riguardi delle condizioni climatiche (temperatura, umidità, ventilazione);*
- *evitare vibrazioni, impatti, o danneggiamenti sia alla struttura che alla superficie, ancora in fase di indurimento.*

La stagionatura comprende i processi durante i quali il calcestruzzo fresco sviluppa gradualmente le sue proprietà per effetto della progressiva idratazione del cemento. La velocità di

idratazione dipende dalle condizioni climatiche d'esposizione e dalle modalità di scambio d'umidità e calore tra il calcestruzzo e l'ambiente.

Si definisce "ordinaria" la stagionatura del calcestruzzo che avviene a temperatura ambiente (5 ÷ 35°C) con esclusione d'ogni intervento esterno di riscaldamento o raffreddamento.

Per contro, si definisce stagionatura "accelerata" quella che si effettua con sistemi di maturazione ad alta temperatura e/o in particolari condizioni d'umidità e pressione. La stagionatura accelerata è utilizzata prevalentemente nella prefabbricazione, permette di ottenere rapidamente le resistenze operative necessarie a movimentare o installare i manufatti.

La presa e l'indurimento del calcestruzzo richiedono la disponibilità di un'idonea quantità d'acqua. L'acqua che è presente nel calcestruzzo fresco, all'atto del getto, deve rimanere disponibile fino a quando il volume iniziale dell'acqua e del cemento non è sostituito dai prodotti d'idratazione. L'idratazione del cemento progredisce solamente se la tensione di vapore dell'acqua contenuta nei pori è prossima al valore di saturazione (UR = 90%). Gli impasti preparati con un basso contenuto in acqua, possono richiedere, nel corso della maturazione, un apporto esterno d'acqua.

La sensibilità del calcestruzzo nei riguardi della stagionatura dipende:

- dalla composizione: rapporto a/c, tipo e classe di cemento, qualità e quantità delle aggiunte e degli additivi; si ricordi che gli impasti preparati con cementi ad indurimento lento richiedono tempi di stagionatura umida più lunghi.
- dalla temperatura del calcestruzzo: la velocità d'indurimento a 35° C è doppia di quella che si sviluppa a 20° C che, a sua volta, è doppia di quella che si ha a 10° C.
- dalle condizioni ambientali esterne: umidità relativa, temperatura e velocità del vento.

Pertanto i metodi di stagionatura e la loro durata dovranno essere tali da garantire per il calcestruzzo indurito:

a) la prescritta resistenza
b) la assenza di fessure o cavillature in conseguenza del ritiro per rapida essiccazione delle superfici di getto o per sviluppo di elevati gradienti termici all'interno della struttura.

Deve quindi essere previsto un adeguato periodo di stagionatura protetta, iniziato immediatamente dopo aver concluso le operazioni di posa in opera, il calcestruzzo potrà raggiungere le sue proprietà potenziali nella massa e in particolare nella zona superficiale.

La protezione consiste nell'impedire, durante la fase iniziale del processo di indurimento:

a) l'essiccazione della superficie del calcestruzzo, perché l'acqua è necessaria per l'idratazione del cemento e, nel caso in cui si impieghino cementi di miscela, per il progredire delle reazioni pozzolaniche; inoltre per evitare che gli strati superficiali del manufatto indurito risultino porosi. **L'essiccazione prematura rende il copriferro permeabile e quindi scarsamente resistente alla penetrazione delle sostanze aggressive presenti nell'ambiente di esposizione**.
b) il congelamento dell'acqua d'impasto prima che il calcestruzzo abbia raggiunto un grado adeguato di indurimento;

c) che i movimenti differenziali, dovuti a differenze di temperatura attraverso la sezione del manufatto, siano di entità tale da generare fessure.

Con il termine "durata di stagionatura" s'intende il periodo che intercorre tra la messa in opera ed il tempo in cui il calcestruzzo ha raggiunto le caratteristiche essenziali desiderate e prescritte dal progetto.

**Per l'intera durata della stagionatura il calcestruzzo necessita d'attenzioni e cure affinché la sua maturazione possa avvenire in maniera corretta.**

La durata di stagionatura è in relazione alle proprietà richieste per la superficie del calcestruzzo (resistenza meccanica e compattezza) e per la classe d'esposizione. Se la classe di esposizione prevista è limitata alle classi X0 e XC1, il tempo minimo di protezione non deve essere inferiore a 12 ore, a condizione che il "tempo di presa" sia inferiore a 5 ore e che la temperatura della superficie del calcestruzzo sia superiore a 5°C. (vd. Pr EN 206: 1997).

Nella **tab. 5.5.6.a** seguente sono riportati, in funzione dello sviluppo della resistenza e della temperatura del calcestruzzo, la durata di stagionatura minima per calcestruzzi esposti a classi d'esposizione diverse da X0 e XC1.

**Tabella 5.5.6.a -** Durata minima di stagionatura in base alle classi di esposizione della UNI EN 206-1 ad eccezione delle classi X0 ed XC1

| *Temperatura superficiale del calcestruzzo (t), °C* | *Tempo minimo di maturazione, gg.* [1), 2)] | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *Sviluppo delle resistenze del calcestruzzo* [4)] $(f_{cm2}/f_{cm28}) = r$ | | | |
| | *rapido* $r \geq 0,50$ | *medio* $r = 0,30$ | *lento* $r = 0,15$ | *molto lento* $r < 0,15$ |
| $t \geq 25$ | ***1.0*** | ***1.5*** | ***2.0*** | ***3*** |
| $25 > t \geq 15$ | ***1.0*** | ***2.0*** | ***3.0*** | ***5*** |
| $15 > t \geq 10$ | ***2.0*** | ***4.0*** | ***7*** | ***10*** |
| $10 > t \geq 5$ [3)] | ***3.0*** | ***6*** | ***10*** | ***15*** |

*NOTE:*

1. *Più eventuali tempi di presa eccedenti le 5 ore*
2. *L'interpolazione lineare tra valori sulle file è accettabile*
3. *Per temperature inferiori a 5°C, la durata deve essere estesa ad un periodo uguale al tempo al di sotto dei 5°C*
4. *La sviluppo della resistenza del calcestruzzo è il rapporto tra la resistenza a compressione media a 2 giorni e quella media a 28 giorni determinate dalle prove iniziali o basate sulle prestazioni note di un calcestruzzo di composizione comparabile (vd. prEN 206:1997).*

Per condizioni di esposizione ambientale più gravose, le durate di stagionatura della **tab. 5.5.5.a** dovranno essere aumentate secondo le disposizioni della DL per essere sicuri che il copriferro sia diventato pressoché impervio alla penetrazione delle sostanze contenute nell'ambiente di esposizione. Ovvero se il calcestruzzo è esposto a classi d'esposizione diverse da X0 o XC1 la durata di stagionatura deve essere estesa fino a quando il calcestruzzo ha raggiunto, sulla sua superficie, almeno il 50% della resistenza media, o il 70% della resistenza caratteristica, previste dal progetto.

E' importante sottolineare che la indicazione circa la durata di stagionatura, necessaria ad ottenere la durabilità ed impermeabilità dello strato superficiale, non deve essere confusa con il tempo necessario al raggiungimento della resistenza prescritta per la rimozione delle casseforme ed i conseguenti aspetti di sicurezza strutturale.

Lo sviluppo delle proprietà sulla zona superficiale si baserà sulle seguenti relazioni:

- resistenza a compressione/maturità
- sviluppo di calore/calore totale generato in condizioni adiabatiche.

I metodi di stagionatura proposti dal Progettista dovranno essere preventivamente sottoposti all'esame del Direttore dei Lavori che potrà richiedere delle verifiche sperimentali con le modalità di seguito descritte.

I ***metodi di stagionatura*** da impiegarsi separatamente o in sequenza, per limitare la perdita d'acqua per evaporazione, sono i seguenti:

- **mantenere il getto nella cassaforma per un tempo adeguato;**
- **coprire la superficie del calcestruzzo con teloni impermeabili al vapore assicurandoli alle estremità e sui giunti per evitare correnti d'aria;**
- **posizionare coperture umide sulla superficie e proteggerle dall'essiccazione;**
- **mantenere la superficie del calcestruzzo visibilmente umida con una quantità adeguata di acqua;**
- **applicare un antievaporante di idoneità comprovata.**

L'impiego di additivi antievaporanti non è ammesso sui giunti di costruzione, sulle superfici da trattare o sulle superfici per le quali è richiesto il legame con altri materiali, a meno che detti additivi siano stati completamente rimossi prima dell'operazione successiva o che sia dimostrata l'assenza di effetti negativi sugli interventi a seguire.

Se non diversamente disposto nelle specifiche di Progetto, gli additivi antievaporanti non potranno essere usati su superfici con requisiti di finitura particolari.

Gli agenti antievaporanti possono penetrare nelle superfici e risultare quindi di difficile eliminazione. In tal caso, è di regola necessario ricorrere a pulitura con getto abrasivo o getti di acqua ad alta pressione.

L'impiego di un agente antievaporante contenente un colorante "labile" può rendere più semplice la verifica della presenza dell'applicazione.

Nel caso siano previste, nelle 24 ore successive al getto durante la fase di stagionatura, temperature dell'aria con valori minori di 5°C o maggiori di 35°C, l'APPALTATORE dovrà utilizzare esclusivamente casseri in legno o coibentati sull'intera superficie del getto ed eventualmente teli isolanti.

I materiali coibenti di più comune utilizzo sono:

- fogli di polistirolo o poliuretano espansi, tagliati opportunamente e fissati ai casseri;
- fogli di lana di roccia ricoperti da fodere di polietilene;
- fogli di schiuma vinilica;
- schiume poliuretaniche spruzzate sull'esterno della cassaforma.

Per un più efficace utilizzo tali materiali dovranno essere sempre protetti dall'umidità con teloni impermeabili.

Il metodo di stagionatura prescelto dovrà assicurare che le variazioni termiche differenziali nella sezione trasversale delle strutture, da misurare con serie di termocoppie, non provochino fessure o cavillature tali da compromettere le caratteristiche del calcestruzzo indurito. Tali variazioni termiche potranno essere verificate direttamente nella struttura mediante serie di termocoppie predisposte all'interno del cassero nella posizione indicata dal Progettista.

Anche se non è possibile stabilire esatti limiti per le differenze di temperatura che sono accettabili nelle sezioni trasversali in fase di indurimento, poiché esse dipendono non solo dalla composizione dell'impasto e dalle caratteristiche di sviluppo della resistenza, ma anche dalla forma geometrica dell'elemento strutturale e dalla velocità con la quale il manufatto, dopo la rimozione dei casseri, raggiunge l'equilibrio termico con l'ambiente, dovranno essere rispettati i limiti seguenti per limitare le tensioni di origine termica:

a) una differenza massima di 20°C sulla sezione durante il raffreddamento dopo la rimozione dei casseri;
b) una differenza massima di 10-15°C attraverso i giunti di costruzione e per strutture con sezioni di dimensioni molto variabili.
c) Se non diversamente specificato nelle disposizioni in vigore presso il cantiere, la temperatura massima del calcestruzzo all'interno del manufatto non dovrà superare i 65°C, fatta salvo la disponibilità di dati che dimostrino che, con la combinazione di materiali impiegata, temperature più elevate non produrranno effetti negativi sulle prestazioni in servizio del calcestruzzo.

Al fine di evitare congelamenti superficiali o totali di strutture sottili oppure innalzamenti di temperatura troppo elevati con conseguente abbattimento delle proprietà del calcestruzzo indurito nel caso di strutture massive, il Progettista dovrà quantificare in sede progettuale il bilancio termico complessivo durante la fase di indurimento, in funzione del calore di idratazione e della temperatura esterna.

Durante il periodo di stagionatura protetta si dovrà evitare che i getti subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

12.5.6.1. Accelerazione dei tempi di stagionatura

Di norma per i calcestruzzi gettati in opera viene esclusa l'accelerazione dei tempi di maturazione con trattamenti termici.

La maturazione accelerata dei calcestruzzi con trattamento termico sarà permessa solo qualora siano state condotte indagini sperimentali sul tipo di trattamento termico che si intende adottare e dietro esplicita approvazione della DL. In particolare si dovrà controllare che a un aumento delle resistenze iniziali corrisponda una resistenza a 28 giorni non minore del 95% di quella che si otterrebbe con maturazione in condizioni standard (20 °C e 100% di UR, umidità relativa).

12.5.6.2. Stagionatura di getti massivi

Si rimanda, per la definizione di "getti massivi", al relativo paragrafo.

In fase di maturazione dovranno essere sempre applicati gli accorgimenti prescritti a proposito dei getti ordinari, dovrà essere evitata la scasseratura precoce e, dove necessario, si dovrà procedere al raffreddamento dell'interno del getto mediante circolazione di liquido.

L'APPALTATORE dovrà programmare il getto in modo da eseguirlo nelle ore più opportune in relazione alla prevedibile temperatura ambientale al momento del getto stesso ed al suo prevedibile sviluppo nelle ore successive.

Dovrà, inoltre, sottoporre all'approvazione della DL il programma di maturazione.

**12.5.7. Disarmo**

Il disarmo comprende le fasi che riguardano la rimozione delle casseforme e delle strutture di supporto; queste non possono essere rimosse prima che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza sufficiente a:

- sopportare le azioni applicate;
- evitare che le deformazioni superino le tolleranze specificate;
- resistere ai deterioramenti di superficie dovuti al disarmo.

Durante il disarmo è necessario evitare che la struttura subisca colpi, sovraccarichi e deterioramenti. I carichi sopportati da ogni centina devono essere rilasciati gradatamente, in modo tale che gli elementi di supporto contigui non siano sottoposti a sollecitazioni brusche ed eccessive. La stabilità degli elementi di supporto e delle casseforme deve essere assicurata e mantenuta durante l'annullamento delle reazioni in gioco e lo smontaggio.

Il disarmo deve avvenire gradatamente adottando i provvedimenti necessari ad evitare brusche sollecitazioni ed azioni dinamiche. Infatti, l'eliminazione di un supporto dà luogo, nel punto di applicazione, ad una repentina forza uguale e contraria a quella esercitata dal supporto (per carichi verticali, si tratta di forze orientate verso il basso, che danno luogo ad impropri aumenti di sollecitazione delle strutture). Il disarmo non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive.

Si può procedere alla rimozione delle casseforme dai getti solo quando è stata raggiunta la resistenza indicata dal progettista e comunque non prima dei tempi prescritti nei decreti attuativi della Legge n° 1086/71; in ogni caso il disarmo deve essere autorizzato e concordato con la DIREZIONE LAVORI.

Si deve porre attenzione ai periodi freddi, quando le condizioni climatiche rallentano lo sviluppo delle resistenze del calcestruzzo, come pure al disarmo ed alla rimozione delle strutture di sostegno delle solette e delle travi. In caso di dubbio, è opportuno verificare la resistenza meccanica reale del calcestruzzo.

### 12.5.8. Caratteristiche estetiche

Affinché il colore superficiale del calcestruzzo, determinato dalla sottile pellicola di malta che si forma nel getto a contatto con la cassaforma, risulti il più possibile uniforme, il cemento utilizzato in ciascuna opera dovrà provenire dallo stesso cementificio ed essere sempre dello stesso tipo e classe, la sabbia dovrà provenire dalla stessa cava ed avere granulometria e composizione costante.

Le opere o i costituenti delle opere a "faccia a vista" che dovranno avere lo stesso aspetto esteriore dovranno ricevere lo stesso trattamento di stagionatura; in particolare si dovrà curare che l'essiccamento della massa del calcestruzzo sia lento e uniforme.

Si dovranno evitare condizioni per le quali si possano formare efflorescenze sul calcestruzzo; qualora queste apparissero, sarà onere dell'APPALTATORE eliminarle tempestivamente mediante spazzolatura, senza impiego di acidi.

Le superfici finite e curate come indicato ai punti precedenti dovranno essere adeguatamente protette se le condizioni ambientali e di lavoro saranno tali da poter essere causa di danno in qualsiasi modo alle superfici stesse.

Si dovrà evitare che vengano prodotte sulla superficie finita scalfitture, macchie o altro che ne pregiudichino la durabilità o l'estetica.

Si dovranno evitare inoltre macchie di ruggine dovute alla presenza temporanea dei ferri di ripresa; in tali casi occorrerà prendere i dovuti provvedimenti evitando che l'acqua piovana scorra sui ferri e successivamente sulle superfici finite del getto.

Qualsiasi danno o difetto della superficie finita del calcestruzzo dovrà essere eliminato a cura e spese dell'APPALTATORE, con i provvedimenti preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori.

**Tutti gli elementi, metallici e non, utilizzati per la legatura ed il sostegno dei casseri dovranno essere rimossi dopo la scasseratura.**

### 12.5.9. Ripristini e stuccature

I difetti superficiali del calcestruzzo influenzano non solo le sue caratteristiche estetiche, ma anche quelle di durabilità.

Nessun ripristino o stuccatura potrà essere eseguito dopo il disarmo del calcestruzzo senza il preventivo controllo del Direttore dei Lavori, che dovrà autorizzare i materiali e la metodologia, previa verifica e consultazione del Progettista, da utilizzare per l'intervento.

Qualora i risultati degli interventi non siano oggettivamente accettabili, la DIREZIONE LAVORI (anche per motivi estetici), potrà richiedere a cura e spese dell'APPALTATORE intervento di ripulitura e relativa verniciatura con idonei prodotti, al fine di eliminare ovvero porre rimedio alla non conformità riscontrata.

**12.5.10. Tolleranze costruttive**

In assenza di prescrizioni specifiche, gli scostamenti ammissibili (tolleranze) rispetto alle dimensioni e/o quote dei progetti sono riportate di seguito; per i vari elementi strutturali; lo scostamento "S" è espresso in cm:

a) Fondazioni: plinti, platee, solettoni ecc.:

- posizionamento rispetto alle coordinate di progetto: S = ± 3.0cm
- dimensioni in pianta : S = -3.0 cm ÷ + 5.0 cm
- dimensioni in altezza (superiore): S = -0.5 cm ÷ + 3.0 cm
- quota altimetrica estradosso: S = -0.5 cm ÷ + 2.0 cm

b) Strutture in elevazione: pile, spalle, muri ecc.:
posizionamento rispetto alle coordinate

- agli allineamenti di progetto: S = ±2.0 cm
- dimensione in pianta (anche per pila piena): S = -0.5 cm ÷ + 2.0 cm
- spessore muri, pareti, pile cave o spalle: S = -0.5 cm ÷ + 2.0 cm
- quota altimetrica sommità: S = ± 1.5 cm
- verticalità per H < 600 cm: S = ± 2.0 cm
- verticalità per: 1200 cm ≥H ≥ 600 cm S = ± H/3 cm
  (tolleranza in centimetri – H in metri)
- verticalità per H ≥ 1200 cm S = ± H/3–(H-12)/5 cm
  (tolleranza in centimetri – H in metri)

c) Solette e solettoni per impalcati, solai in genere:

- spessore: S = -0.5 cm ÷ + 1.0 cm
- quota altimetrica estradosso: S = ± 1.0 cm

d) Vani, cassette, inserterie:

- posizionamento e dimensione vani e cassette: S = ± 1.5 cm
- posizionamenti inserti (piastre boccole): S = ± 1.0 cm

In ogni caso gli scostamenti dimensionali negativi non devono ridurre i copriferri minimi prescritti dal progetto.

## 12.6. PERFABBRICATI IN CALCESTRUZZO: QUALIFICA DEGLI IMPIANTI E CONFEZIONAMENTO

La costruzione ed il controllo di qualità dei manufatti prefabbricati dovranno essere conformi alle prescrizioni del D.M. 14/1/2008 ”Norme Tecniche per le Costruzioni” e del D.M.n° 39 del 3/12/1987 “Norme Tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate” e successivi aggiornamenti.

Gli elementi costruttivi prefabbricati devono essere prodotti attraverso un processo industrializzato che si avvale di idonei impianti, nonché di strutture e tecniche opportunamente organizzate.

In particolare, deve essere presente ed operante un sistema permanente di controllo della produzione in stabilimento, che deve assicurare il mantenimento di un adeguato livello di affidabilità nella produzione del calcestruzzo, nell’impiego dei singoli materiali costituenti e nella conformità del prodotto finito.

La produzione, la posa in opera e il corretto inserimento dei manufatti prefabbricati in un insieme strutturale e le relative procedure di controllo devono essere conformi, oltre che a tutte le norme che disciplinano le opere in conglomerato cementizio armato in generale, anche alle seguenti norme specifiche:

D.M. del 03.12.87

C.M. n° 31104 del 16.03.89

Ove già non previsti sui disegni di progetto, l'impiego di elementi totalmente o parzialmente prefabbricati è subordinato alla preventiva autorizzazione della DL che potrà prescrivere prove sperimentali atte a prevedere il comportamento della struttura realizzata con tali elementi, con particolare riguardo alla durata nel tempo ed alla efficienza dei collegamenti, tenendo conto dei fenomeni di ritiro e di viscosità e degli effetti dei carichi alternativi o ripetuti.

### 12.6.1. Qualifica degli impianti di prefabbricazione

Gli impianti di prefabbricazione, siano essi in stabilimento o a piè di opera, qualora non siano già in possesso di certificazione di Sistema Qualità conforme alle normative UNI EN ISO 9000, rilasciata da Ente esterno accreditato, dovranno essere pre-qualificati dalla DL prima di iniziare la produzione.

Per l’ottenimento della pre-qualifica sarà necessaria:

- la verifica preliminare della documentazione del sistema organizzativo e di controllo;
- la verifica presso l’impianto di produzione.

Per gli elementi costruttivi prefabbricati ad uso strutturale il processo di produzione, il controllo di produzione, le procedure di qualificazione ed i documenti di accompagno si rimanda al D.M. 14.01.2008, in particolare per quanto concerne i documenti di accompagno della forniture si precisa che ogni fornitura in cantiere di elementi costruttivi prefabbricati, sia di serie che occasionali, dovrà essere accompagnata da apposite istruzioni nelle quali vengono indicate le procedure relative alle operazioni di trasporto e montaggio degli elementi prefabbricati, ai sensi dell’art. 58 del DPR n.

380/2001, da consegnare al Direttore dei Lavori dell'opera in cui detti elementi costruttivi vengono inseriti, che ne curerà la conservazione.

Tali istruzioni dovranno almeno comprendere, di regola:

a) i disegni d'assieme che indichino la posizione e le connessioni degli elementi nel complesso dell'opera, compreso l'elenco degli elementi forniti con relativi contrassegni;

b) apposita relazione sulle caratteristiche dei materiali richiesti per le unioni e le eventuali opere di completamento;

c) le istruzioni di montaggio con i necessari dati per la movimentazione, la posa e la regolazione dei manufatti;

d) elaborati contenenti istruzioni per il corretto impiego e la manutenzione dei manufatti.

Tali elaborati dovranno essere consegnati dal Direttore dei Lavori al Committente, a conclusione dell'opera;

e) per elementi di serie qualificati, certificato di origine firmato dal produttore, il quale con ciò assume per i manufatti stessi le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore, e dal Direttore Tecnico responsabile della produzione. Il certificato, che deve garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, deve riportare il nominativo del progettista e copia dell'attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale;

f) documentazione, fornita quando disponibile, attestante i risultati delle prove a compressione effettuate in stabilimento su cubi di calcestruzzo (ovvero estratto del Registro di produzione) e copia dei certificati relativi alle prove effettuate da un laboratorio incaricato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380/2001;

Tali documenti devono essere relativi al periodo di produzione dei manufatti.

Copia del certificato d'origine dovrà essere allegato alla relazione del Direttore dei Lavori di cui all'art.65 del DPR n. 380/2001.

Prima di procedere all'accettazione dei manufatti, il Direttore dei Lavori deve verificare che essi siano effettivamente contrassegnati, come prescritto dal § 11.8.3.4 del D.M. 14.01.2008.

Il produttore di elementi prefabbricati deve altresì fornire al Direttore dei Lavori, e questi al Committente, gli elaborati (disegni, particolari costruttivi, ecc.) firmati dal Progettista e dal Direttore Tecnico della produzione, secondo le rispettive competenze, contenenti istruzioni per il corretto impiego dei singoli manufatti, esplicitando in particolare:

g) destinazione del prodotto;

h) requisiti fisici rilevanti in relazione alla destinazione;

i) prestazioni statiche per manufatti di tipo strutturale;

j) prescrizioni per le operazioni integrative o di manutenzione, necessarie per conferire o mantenere nel tempo le prestazioni e i requisiti dichiarati;

k) tolleranze dimensionali nel caso di fornitura di componenti.

Nella documentazione di cui sopra il progettista deve indicare espressamente:

- le caratteristiche meccaniche delle sezioni, i valori delle coazioni impresse, i momenti di servizio, gli sforzi di taglio massimo, i valori dei carichi di esercizio e loro distribuzioni, il tipo di materiale protettivo contro la corrosione per gli apparecchi metallici di ancoraggio, dimensioni e caratteristiche dei cuscinetti di appoggio, indicazioni per il loro corretto impiego;

- se la sezione di un manufatto resistente deve essere completata in opera con getto integrativo, la resistenza richiesta;

- la possibilità di impiego in ambiente aggressivo e le eventuali variazioni di prestazioni che ne conseguono.

12.6.1.1. Documentazione del sistema organizzativo e di controllo

La documentazione dovrà fornire una descrizione del sistema organizzativo di controllo, con riferimento a:

a) struttura operativa, responsabilità, procedure e risorse utilizzate;
b) conduzione dei controlli di produzione, così come operati, valutati e documentati con continuità.

In particolare nella descrizione del sistema organizzativo dovrà essere indicato:

- il responsabile della produzione e dei controlli;
- lo schema generale del sistema di controllo;
- le dotazioni strumentali e di laboratorio utilizzate;
- il catalogo dei libri di registrazioni dei dati rilevati;
- il sistema di archiviazione dei certificati ufficiali e dei rapporti operativi interni.

Nella descrizione dei controlli di produzione dovrà essere indicato:

- il piano dei controlli ispettivi interni;
- la conformità dei controlli effettuati rispetto alla pianificazione prestabilita;
- la corretta tenuta dei libri con la tempestiva registrazione dei dati rilevati;
- la valutazione sull'esito dei controlli anche in base alle visite ispettive interne;
- la verifica delle azioni correttive eventualmente intraprese nel caso di non conformità dei controlli;
- la disponibilità presso i luoghi di produzione degli elaborati progettuali necessari per l'esecuzione;
- la persistenza delle condizioni organizzative generali del controllo di produzione (responsabili dotazioni).

12.6.1.2. Verifica presso lo stabilimento o impianto di produzione

Dovranno essere verificate in particolare:

a) le attrezzature da impiegare nella prefabbricazione quali impianti di betonaggio, casseforme, piani vibranti, aree di produzione e di stoccaggio, modalità di protezione e trasporto, etc.;
b) le modalità esecutive quali tempi e modi di produzione, metodi di vibrazione e metodi di stagionatura;
c) il laboratorio interno per le prove sui materiali;
d) le attrezzature per il controllo dei cicli termici durante la stagionatura;
e) le materie prime utilizzate nel ciclo produttivo.

Sulla base della documentazione di cui sopra, di ulteriori informazioni eventualmente richieste e dell'esito della visita verrà riconosciuta l'idoneità dell'impianto alla produzione.

La DIREZIONE LAVORI potrà rifiutare o sospendere la fornitura dei manufatti in caso di esito negativo delle suddette verifiche.

### 12.6.2. Controllo delle casseforme

Le casseforme, compresi i sistemi di supporto, dovranno essere progettate e costruite in modo da garantire la permanente rispondenza del prodotto finito alle tolleranze dimensionali del progetto e in

modo tale che non venga compromessa l'integrità delle parti strutturali con cui sono costruite le casseforme stesse.

La forma, la funzione, l'aspetto e la durabilità della struttura costituita dai manufatti prodotti non dovrà essere compromessa a causa delle casseforme.

Le casseforme dovranno rispettare le seguenti tolleranze dimensionali:

- lunghezza: $S = \pm L/2000$ ($\leq 20$ mm)
- sezione (altezza, larghezza, ali): $S = \pm L/200$ ($\leq 2$ mm)
- spessore anima: $S = \pm L/200$ ($\leq 2$ mm)

dove:

S è la tolleranza ammissibile;

L è la dimensione presa in considerazione.

### 12.6.3. Posizionamento delle armature

Le tolleranze di posizionamento dell'armatura sono:

- Armature in prossimità delle superfici

(con il segno + si indica una maggiore distanza dalle superfici):

$$S \begin{matrix} -0.0 \text{ cm} \\ +0.5 \text{ cm} \end{matrix}$$

- Armature interne cui è affidata la resistenza strutturale: il maggiore tra

  $S = +0.25$ cm

  $S = +h/100$

- Armature interne costruttive: il maggiore tra

  $S = +1.0$cm

  $S = +h/50$

Lo scarto S deve in ogni caso essere inferiore a + 3 cm nel caso di armature ordinarie e di + 0,5 cm per quelle da precompressione, fermo restando quanto detto per le armature di superficie dove S è lo scarto tra la posizione teorica di progetto e la posizione in opera.

### 12.6.4. Stagionatura

Nella produzione di elementi prefabbricati in c.a.v. e c.a.p. viene di norma adottata la maturazione accelerata del conglomerato cementizio mediante trattamento termico. Essa esclude i trattamenti di bagnatura, spruzzatura di antievaporanti e degli altri provvedimenti descritti nel paragrafo relativo alla maturazione del calcestruzzo gettato in opera.

Dovranno, inoltre, essere rispettate le seguenti prescrizioni:

a) il tempo di prestagionatura, alla temperatura massima di 30 °C, non dovrà essere minore di tre ore (in genere dalle 4 alle 5 ore);
b) i gradienti termici di riscaldamento e quello di raffreddamento non dovranno superare il valore di 15/20 °C/ora e dovranno essere ulteriormente ridotti qualora non sia verificata la condizione di cui al successivo punto d);
c) la temperatura del punto più caldo all'interno del calcestruzzo non dovrà superare 60 °C;

d) la differenza di temperatura tra quella massima all'interno del calcestruzzo e quella dell'ambiente a contatto con il manufatto non dovrà superare 10 °C;
e) il controllo, durante la maturazione, dei limiti e dei gradienti di temperatura dovrà avvenire utilizzando un'apposita apparecchiatura che registri l'andamento delle temperature nel tempo;
f) la procedura di cui al punto e) dovrà essere rispettata anche per i calcestruzzi gettati in opera e maturati a vapore.

In ogni caso i provini per la valutazione della resistenza caratteristica a 28 giorni, nonché della resistenza raggiunta al momento del taglio di trefoli o fili aderenti, dovranno essere maturati nelle stesse condizioni termoigrometriche della struttura, secondo quanto previsto dalla Norma UNI 6127 al punto 3.1.3.

**12.6.5. Scassero**

Prima di procedere allo scassero dei manufatti si dovrà verificare, per mezzo di prove preliminari, che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza richiesta per questa operazione. Per eventuali azioni si dovrà tenere conto dell'attrito della cassaforma, delle azioni dinamiche, della posizione dei punti di sollevamento, etc. In mancanza di determinazioni più precise si assumerà che gli sforzi massimi siano dovuti al peso proprio maggiorato del 50%.

Tale condizione vale anche per la verifica delle condizioni di sollecitazione all'intorno del punto di sollevamento, anche per l'eventuale armatura di frettaggio.

**12.6.6. Identificazione e stoccaggio dei manufatti**

Ogni elemento prefabbricato dovrà essere marcato, in maniera permanente, mediante un numero di matricola, conformemente ai disegni o al catalogo di produzione, in modo da permettere in qualsiasi momento l'identificazione.

Dovrà inoltre essere marcata la data di produzione e il peso dell'elemento qualora lo stesso costituisca parte strutturale dell'opera.

I materiali dovranno essere posti a stoccaggio in maniera propria, e più precisamente:

- si dovrà evitare qualsiasi danneggiamento
- si dovrà evitare la costante esposizione di una parte del manufatto a condizioni sistematicamente diverse dalla rimanente (esposizione al sole,..etc.)

Si dovrà rispettare la posizione dei punti di appoggio come da progetto, per non indurre o favorire deformazioni lente e/o una variazione dimensionale tale da pregiudicare il montaggio stesso e/o un rilassamento dei cavi di precompressione non ammissibile.

Dovranno essere utilizzati appoggi che riducano al minimo le tensioni interne per dilatazione o ritiro. Dovranno essere indicati il tempo minimo le tensioni interne per dilatazione o ritiro. Dovranno essere indicati il tempo minimo e massimo di stoccaggio.

Ciascun elemento dovrà essere contrassegnato almeno come prescritto al par. 4.2.2 del D.M. 03.12.87 salvo i maggiori dati richiesti per manufatti in c.a.p. al successivo punto c.11.

### 12.6.7. Trasporto

Modalità e tempi del trasporto del manufatto dovranno essere tali da evitare danneggiamenti allo stesso. Per il calcolo delle sollecitazioni, ove non più precisamente determinato si assumerà una azione dovuta al peso proprio maggiorato del 30% per trasporto su strada e del 20% per trasporto in area di cantiere.

Si dovranno tenere nel dovuto conto, nel caso del trasporto su strada, delle azioni indotte dalla frenatura e dalla azione centrifuga.

Nel caso di trasporto su parti di opera in costruzione dovrà essere accuratamente predeterminata la fascia di transito e le azioni volte ad impedire la fuoriuscita da tale fascia.

### 12.6.8. Montaggio

Potranno essere posti in opera solamente gli elementi prefabbricati che non presentino difetti o per i quali siano state chiuse tutte le eventuali Non Conformità rilevate.

Dal momento dalla loro posa, gli elementi dovranno essere mantenuti in posizione tale da conservare la stabilità e da resistere, oltre che al peso proprio, a tutte le azioni esterne.

Il rispetto delle tolleranze di ogni elemento dovrà essere verificato prima di ciascuna operazione di posa, senza attendere il controllo in opera.

Le operazioni di posizionamento e montaggio devono essere dettagliatamente descritte nel piano di montaggio e varo, che dovrà anche specificare le tolleranze ammesse nel posizionamento, ove già non previste in fase progettuale.

Nel caso di travi prefabbricate di lunghezza L, salvo più restrittive specifiche progettuali, dovranno essere rispettati i seguenti limiti (s = scarto ammissibile)

- posizionamento appoggi nel senso longitudinale:
- $s = \pm L/2000$ con un massimo di $\pm$ 1 cm
- posizionamento appoggi nel senso trasversale: $s \leq \pm$ 1 cm
- posizionamento altimetrico appoggi:
- assoluto $s \leq \pm$ 0,5 cm
- relativo tra appoggi di una stessa travata su una pila: $s \leq \pm$ 2.5 mm
- parallelismo piani di appoggio travi pulvino
- $s \leq \pm$ 0,003 rad

Qualora le travi vengano poste su appoggi provvisori per essere trasferite su quelli definitivi dopo aver effettuato i collegamenti trasversali, andranno valutate le sollecitazioni dovute alle tolleranze di posizionamento precedentemente indicate.

In tutti gli stadi di lavorazione e trasporto e fino al completamento del lavoro le unità prefabbricate dovranno essere adeguatamente conservate.

Le protezioni da adottare, descritte negli elaborati di progetto, dovranno essere tali da evitare danni di qualsiasi tipo, siano essi meccanici quali distacchi, deformazioni e abrasioni o estetici quali macchie e ruggine.

Il posizionamento in opera delle unità prefabbricate dovrà essere autorizzato dalla DIREZIONE LAVORI, che potrà rifiutare elementi prefabbricati che presentino danni o difetti non rimediabili.

Il Produttore dovrà sostituire gli elementi prefabbricati danneggiati o difettosi o, quando ritenuto possibile dalla DIREZIONE LAVORI, provvedere alla loro riparazione con modalità da concordare.

### 12.6.9. Messa in tensione dei cavi di precompressione

La messa in tensione delle armature dovrà avvenire per mezzo di apparecchiature già qualificate.

L'APPALTATORE prima delle operazioni di messa in tensione dovrà redigere un progetto dettagliato delle modalità di applicazione della precompressione ed inviarlo , per informazione, alla DIREZIONE LAVORI.

Durante le operazioni di tesatura ed eventuali ritesature delle tensioni, si dovranno registrare in un apposito modello:

- i tassi di precompressione
- gli allungamenti totali o parziali di ogni cavo

Il modello, una volta compilato, sarà inserito nel dossier di controllo del manufatto.

### 12.6.10. Controlli dimensionali e strutturali dei manufatti

Questi controlli vanno eseguiti sul luogo di produzione degli elementi prefabbricati prima delle operazioni di montaggio e sono indipendenti dalle operazioni di collaudo da effettuarsi sull'impalcato finito.

L'elenco dettagliato dei controlli andrà specificato nei piani di fabbricazione; si dovrà effettuare:

- la misura delle deformate all'atto della precompressione di tutti gli elementi prodotti. il documento di controllo. dovrà specificare quali sono le grandezze da rilevare: ad esempio, nel caso di travi precompresse, andranno misurate sia l'accorciamento assiale che le controfrecce in un numero significativo di punti. Per un elemento ogni 5 questa misura andrà ripetuta dopo 3 giorni dalla tesatura e poi settimanalmente per tutta la fase di stoccaggio del pezzo;
- il controllo dimensionale rigoroso di un elemento ogni 10 prodotti;
- I controlli dimensionali sono da intendersi positivi, salvo limitazioni più restrittive previste in progetto, quando vengono rispettate le seguenti tolleranze (s = scarto ammissibile):
  - lunghezza delle travi:
    $s = \pm L/1000$ con un massimo di $\pm$ 2 cm;
  - dimensioni globali della sezione (altezza, larghezza delle ali etc.):
    $s = L/200$ con un massimo di 4 mm;
  - spessore delle anime:

s = ± S/100 con un massimo di ± 3 mm;

- la prova di carico in fase elastica si condurrà assoggettando il pezzo a n. 3 cicli di carico la cui entità e modalità di applicazione deve essere prevista nel documento di controllo in modo da avere deformazioni significative, compatibilmente con le dimensioni del pezzo da provare. Questa prova andrà condotta sui tre primi pezzi prodotti per poter eventualmente intervenire immediatamente sulla produzione.

### 12.6.11. Controlli e documentazione

Devono essere osservate tutte le prescrizioni del D.M.03.12.87 e della C.M. n° 31104 del 16.03.89 e del D.M. 09.01.96 circa controlli, prove e relativa documentazione (tenuta dal "Registro di produzione" ecc.). Copia di tutti i documento previsti deve essere presentata, se richiesta, alla DIREZIONE LAVORI.

In ogni caso, per tutte le travi o altri manufatti, negli stabilimenti o nei cantieri di prefabbricazione a piè d'opera, devono essere trascritti, nel "Registro di produzione", i seguenti dati:

a) sigla o contrassegno del manufatto riferita al disegno di monitoraggio;
b) peso del manufatto;
c) data e ora di fine getto;
d) data e ora di rilascio di trecce/trefoli (per strutture pre-tese) o di tesatura dei cavi o barre (per strutture post-tese);
e) tensione di tesatura delle armature di precompressione;
f) per i manufatti pre-tesi allungamento a campione sul 30% di trecce/trefoli diritti e su tutti quelli eventualmente deviati;
g) per i manufatti post-tesi allungamento parziale e totale di ogni cavo o barra;
h) controfascia dei materiali impiegati;
i) caratteristiche dei materiali impiegati

Per "Registro di produzione" non si intende quello menzionato al punto 5.2.1 del D.M. 03.12.87.

I dati di cui al punto a, b, c, unitamente al nome del Produttore, dovranno essere riportati, sulle travi, con vernice indelebile o targhe metalliche, in un punto visibile dalla zona di ispezione del pulvino.

## 12.7. CALCESTRUZZI SPECIALI

### 12.7.1. Calcestruzzo Reodinamico SCC

Il calcestruzzo reodinamico (autocompattante o SCC) ha la caratteristica di scorrere molto facilmente ed espellere l'aria senza richiedere vibrazione, riempiendo per gravità tutto il volume del getto. Risulta pertanto particolarmente indicato:

- per ottenere una elevata compattezza (massa volumica) e assenza di vespai, con un'ottima faccia vista;
- per casseforme sottili e di forma complessa;
- per manufatti molto armati,
- per eseguire da una sola estremità getti di lunghezza elevata difficilmente accessibili.
- per ridurre i tempi di scarico e lavorazione.

L'adozione di calcestruzzo autocompattante richiede l'impiego di casseri dimensionati in modo da resistere alla spinta idrostatica di un battente di calcestruzzo fluido pari alla parete della cassaforma. Le caratteristiche del calcestruzzo reodinamico saranno le seguenti:

- dosaggio minimo di cemento non inferiore al valore previsto dalla UNI 11104,
- rapporto a/c non superiore a quello previsto dalla UNI 11104,
- filler calcareo o cenere volante, dosaggio = 120 kg/m3
- contenuto di fini = 520 kg/m3 (parti fini = cemento + componenti < 100 micron);
- rapporto in volume acqua/parti fini 0.95÷1.03;
- aggregati aventi Dmax = 20 mm;
- superfluidificante specifico per calcestruzzo reodinamico a base di policarbossilati eteri capace di una riduzione d'acqua del 20 - 25% rispetto al calcestruzzo tal quale non additivato di pari lavorabilità, dosato al 0.8÷1.5 litri per 100 kg delle parti fini;
- agente viscosizzante specifico, costituito tassativamente da una soluzione acquosa di macropolimeri a base di cellulosa modificata, dosaggio 0.8÷1.5 litri per 100 kg delle parti fini;
- mantenimento della lavorabilità del calcestruzzo per almeno 60 minuti anche a T = 25°C con riduzione massima di 5 cm del valore ottenuto con lo slump-flow test.
- slump-flow test secondo UNI 11041, tra 600 e 700 mm,
- V-funnel test, UNI 11042, tra 8 e 12 s,
- Ubox = 30 mm (prova da eseguire secondo UNI 11044 almeno in fase di qualifica della miscela).

### 12.7.2. Calcestruzzi leggeri

Possono essere utilizzati calcestruzzi leggeri strutturali, per parti di strutture in cemento armato, e calcestruzzi leggeri non strutturali per riempimenti di cavità e per strati di coibentazione.

12.7.2.1. Calcestruzzo leggero strutturale

Ove richiesto in Progetto, si farà uso di conglomerato cementizio leggero a struttura chiusa ottenuto sostituendo tutto o in parte l'inerte ordinario con aggregato leggero artificiale, costituito da argilla o scisti espansi.

Questo calcestruzzo sarà caratterizzato da una classe di massa volumica a 28 d secondo la Tabella riportata nella norma UNI– EN 206.

**Tabella 5.7.2.a –** Classificazione del Calcestruzzo Leggero in base alla Massa volumica

| Classe di massa volumica | D1,0 | D1,2 | D1,4 | D1,6 | D1,8 | D2,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Intervallo di massa Volumica | ≥800 e ≤ 1000 | >1 000 e ≤ 1200 | >1200 e ≤ 1400 | >1400 e ≤ 1600 | >1600 e ≤ 1800 | >1800 e ≤ 2000 |

In riferimento alla classe di resistenza abbiamo invece la seguente classificazione:

**Tabella 5.7.2.b –** Classificazione del Calcestruzzo Leggero in base alla Massa volumica

| Classe di resistenza a compressione | Resistenza caratteristica cilindrica minima $f_{ck,cyl}$ N/mm$^2$ | Resistenza caratteristica cubica minima[a)] $f_{ck,cube}$ N/mm$^2$ |
|---|---|---|
| LC8/9 | 8 | 9 |
| LC12/13 | 12 | 13 |
| LC16/18 | 16 | 18 |
| LC20/22 | 20 | 22 |
| LC25/28 | 25 | 28 |
| LC30/33 | 30 | 33 |
| LC35/38 | 35 | 38 |
| LC40/44 | 40 | 44 |
| LC45/50 | 45 | 50 |
| LC50/55 | 50 | 55 |
| LC55/60 | 55 | 60 |
| LC60/66 | 60 | 66 |
| LC70/77 | 70 | 77 |
| LC80/88 | 80 | 88 |

a) Possono essere utilizzati anche altri valori, se la relazione fra questi e la resistenza cilindrica di riferimento è stabilita con sufficiente accuratezza ed è documentata.

La resistenza verrà controllata con la stessa procedura prevista per il calcestruzzo di massa volumica normale. Anche per questo conglomerato devono essere soddisfatte le prescrizioni relative alla durabilità, in particolare per quanto concerne il rapporto acqua/cemento ed il dosaggio di cemento.

In caso di pompaggio è necessario prevedere una presaturazione dell'aggregato allo scopo di prevenire assorbimento sotto pressione dell'acqua di impasto. L'additivo fluidificante impiegato e la composizione della miscela permetteranno di ottenere un calcestruzzo di consistenza S4 esente da fenomeni di galleggiamento dell'aggregato leggero. Questa caratteristica verrà controllata preparando provini alti almeno 20 cm, da rompere alla brasiliana, in modo da poter verificare l'omogeneità dell'aggregato alle varie altezze.

12.7.2.2. Calcestruzzo leggero non strutturale e cellulare

Questi tipi di conglomerato cementizio, da utilizzare per riempimenti di scavi facilmente rimovibili, strati di coibentazione,ecc.. aventi massa volumica a secco da 300 a 1000 kg/m3, resistenza a compressione da 1 a 10 N/mm2 e conducibilità termica massima da 0.085 a 0.15 kcal/mh°C, verranno ottenuti mediante agenti schiumogeni e dosaggi di cemento di almeno 330 kg/m3, di cemento tipo 32.5 o 42.5. Il materiale dovrà avere una resistenza minima di 1 N/mm2, e una stabilità ed omogeneità del contenuto d'aria, dal punto di miscelazione fino alla posa in opera.

In funzione dei requisiti fissati dal progettista, si dovranno eseguire prove di qualifica della miscela. Il calcestruzzo dovrà essere prodotto con attrezzatura automatica dotata di sistema computerizzato per la regolazione della miscelazione e della produzione. In alternativa il

calcestruzzo leggero non strutturale si otterrà impiegando come aggregato sferette di polistirolo espanso.

### 12.7.3. Calcestruzzo proiettato (CP)

Il rivestimento delle pareti di scavo, pendici o di pozzi di fondazione, paratie, rivestimenti di prima fase in galleria, potrà essere eseguito con conglomerato cementizio proiettato. Detto conglomerato dovrà essere confezionato nel rispetto della presente Norma Tecnica e, per gli aspetti non considerati, in conformità alla UNI EN 10834.

12.7.3.1. Tipi di calcestruzzo proiettato

La consistenza delle miscele di calcestruzzo proiettato per via umida verrà qualificata nelle classi della UNI EN 206 S4 ed S5. Per il CP dovranno essere rispettate le prescrizioni per la durabilità (in termini di rapporto acqua/cemento, dosaggio minimo di cemento, resistenza minima, e tipo di cemento) in funzione della classe di esposizione secondo UNI 11104.

La resistenza a compressione del CP dovrà essere specificata in classi di resistenza in funzione dell'impiego previsto, in accordo alla UNI EN 206-1.

La classe di resistenza di un calcestruzzo proiettato si indica con la sigla CP seguita dal valore di resistenza cubica che lo caratterizza (es. CP16).

Le resistenze di riferimento dei calcestruzzi proiettati non sono valutate su provini confezionati ma su provini estratti per carotaggio, in opera o da pannelli di prova, e sono espresse in termini di resistenza caratteristica cilindrica ed indicate come fck-cp.

Le carote devono avere altezza pari al diametro; questo deve essere sempre maggiore ad almeno 3 volte la massima dimensione degli inerti di pezzatura maggiore con un minimo di 8 cm. Per la misura e la valutazione dei risultati si procederà come indicato al punto 6.2.4.1 della UNI 10834.

Inoltre il calcestruzzo proiettato potrà essere classificato in funzione della velocità di indurimento, nelle classi di resistenza del calcestruzzo giovane: J1, J2 o J3 in accordo con la Figura 1 seguente.

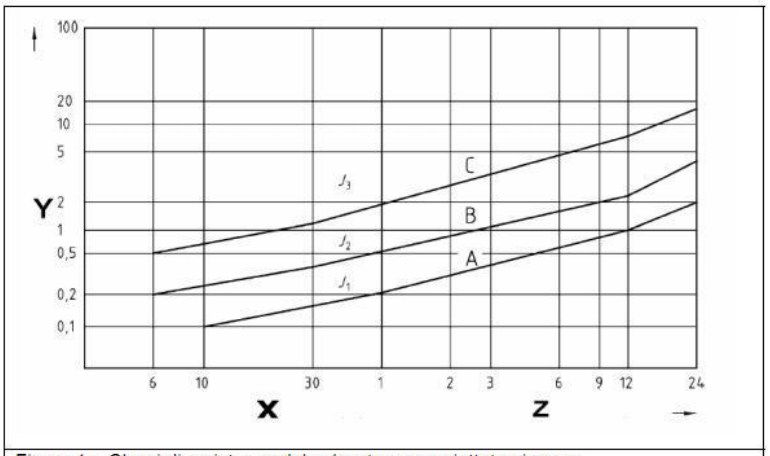



Figura 1 – Classi di resistenza del calcestruzzo proiettato giovane.
X è il tempo in minuti,
Z è il tempo in ore
Y è la resistenza in MPa

L'assegnazione alla classe J1 si richiede che almeno 3 valori di resistenza cadano tra le curve A e B, per la classe J2 tra le curve B e C e al di sopra della curva C per il calcestruzzo proiettato classe J3.

Le prove di resistenza sul calcestruzzo proiettato giovane si eseguiranno con le modalità nel seguito specificate.

12.7.3.2. Composizione del calcestruzzo proiettato

Il CP verrà confezionato con aggregati d'appropriata granulometria continua, ottenuto con almeno due classi granulometriche e di dimensioni non superiori a 12,5 mm, tali da poter essere proiettati ad umido o a secco con le normali attrezzature da "spritz", salvo diverse prescrizioni progettuali.

Il rapporto acqua/cemento non dovrà essere superiore a 0,5, il dosaggio di cemento non inferiore a 450 kg/m$^3$.

Per ottenere questo risultato si dovrà impiegare un additivo riduttore d'acqua a rilascio progressivo a base di carbossilato etere conforme alle UNI EN 934-2, UNI EN 480 (1-2) e UNI EN 10765, capace di una riduzione d'acqua a pari consistenza di almeno il 20%.

La miscela dovrà avere una consistenza S4 o S5 con un mantenimento della lavorabilità di almeno 60'.

Se la temperatura esterna è maggiore di 25°C è ammessa, dopo un'ora dalla miscelazione, una riduzione dello slump non superiore al 15%.

Il calcestruzzo verrà additivato con acceleranti alcali-free in misura mediamente dell'8% ma sempre minore del 12% in peso del cemento.

Detti acceleranti dovranno essere costituiti da una soluzione acquosa (perciò non contenere prodotto solido sospeso) e dovranno avere:

- un contenuto di alcali ($Na_2O+K_2O$) < 0,1% in peso,
- un tenore di cloruro ($Cl^-$) < 0,1%,
- una densità di ~ 1,36 kg/lt,
- non dovranno essere caustici e dovranno avere un pH di 3 ± 1

Il produttore dovrà operare in conformità alle UNI EN ISO 9001:2000.

Ai fini della coesione del calcestruzzo, della durabilità dei manufatti e per evitare eventuali fenomeni di dilavamento, tutto il CP verrà additivato con fumo di silice in misura da 5 a 8% in peso sul cemento.

12.7.3.3. Qualifica e controlli

L'APPALTATORE prima della fornitura dovrà sottoporre all'approvazione della DIREZIONE LAVORI:

- una documentazione in merito alla qualifica e all'esperienza del lancista;
- la descrizione dell'equipaggiamento che intende impiegare per miscelare ed applicare il CP, includendo istruzioni, raccomandazioni e prestazioni attese fornite dal costruttore;
- una descrizione dei metodi che intende attuare per porre in opera il calcestruzzo e per
- controllarne lo spessore, garantendo le volute posizioni e allineamenti.

La qualifica preliminare del conglomerato cementizio, le prove sui materiali e sul conglomerato fresco, dovranno essere effettuati conformemente alle presenti Norme.

La composizione del conglomerato dovrà essere sottoposta dall'APPALTATORE alla preventiva approvazione della DIREZIONE LAVORI. I prelievi di controllo della miscela base (conglomerato non accelerato) andranno eseguiti con frequenza giornaliera per ogni singola opera o fase di lavorazione sottoposta alla lavorazione, il valore di resistenza sarà determinato sulla media di due provini cubici, di lato 15 cm.

Il controllo del prodotto finito, incluso lo spessore, sarà eseguito in opera mediante carotaggi; la resistenza a compressione sarà determinata sulla media di due prelievi (carote) per ogni giorno di getto d'ogni opera interessata alla lavorazione, prelevati secondo UNI 6131 e provati secondo UNI 6132.

Per normalizzare i risultati ottenuti su carote aventi rapporti h/d diversi da 1 si prenderà in considerazione la snellezza $\lambda = h/d$. La stima della resistenza cubica Rc (MPa) del CP a partire dalla resistenza compressione sui cilindri $f_{car}$ (MPa) dovrà essere calcolata secondo la seguente formula:

$$Rc = f_{car} * (2,5/(1,5*1/\lambda))$$

Al fine di tenere nella dovuta considerazione l'effetto di disturbo indotto nel calcestruzzo, il valore di Rc dovrà essere incrementato del 20%.

In base ai risultati ottenuti, la resistenza cubica caratteristica a compressione (Rck) è stimata secondo quando indicato nella normativa UNI EN 206-1.

Ove sia richiesta la valutazione delle resistenze del calcestruzzo giovane si dovrà adottare il metodo dello sparo ed estrazione di chiodi tramite l'utilizzo di:

- Pistola di sicurezza spara chiodi (tipo HILTI DX 450 L o equivalente con pistone 45 M6-8L preselezionata in posizione 1) dotata di cartucce esplosive (propulsori tipo HILTI 6,8/11 M di

colore verde o equivalenti) d'intensità nota, codice di potenza 02, in grado di fornire al chiodo un'energia che conferisca al chiodo stesso una velocità iniziale compresa tra i 50 ed i 70 m/s (che deve essere dichiarata dal costruttore).

- Chiodi (prigionieri) (tipo HILTI M6-8-52 D12 e tipo HILTI M6-8-72 D12 o equivalente) filettati (M6-8) in acciaio al carbonio HRC 55.5 ± 1, diametro 37 mm e con rivestimento in zinco di 5÷13 m, la lunghezza del gambo dei chiodi è prefissata ed è pari a 52 o 72 mm.
- Apparecchio estrattore (tipo HILTI tester 4 o equivalente) in grado di misurare la forza d'estrazione con la tolleranza di ± 100 N; tale apparecchiatura dovrà essere corredata della curva di taratura che mette in relazione il valore letto del carico col valore corretto del carico medesimo.

Le modalità d'esecuzione della prova e le tabelle di correlazione per l'estrapolazione dei dati saranno indicate dalla DIREZIONE LAVORI e saranno comunque conformi a quanto riportato nella UNI 10834, "Calcestruzzo proiettato".

Le resistenze dovranno essere quelle di Progetto e comunque non inferiori a quelle della classe di resistenza J1, 2 o 3 con la tolleranza di - 1 MPa.

I controlli andranno eseguiti con frequenza giornaliera ed il valore di resistenza sarà determinato sulla media d'otto chiodi o di due provini (carotaggi) per ogni controllo. Per resistenze minori di 2 MPa si farà uso del penetrometro descritto in UNI 7123, come descritto al punto C4 della UNI 10834. Subito prima della proiezione del conglomerato, dovranno essere confezionati per ogni giorno di getto, n. 2 provini di calcestruzzo privo d'accelerante (miscela base) al fine di accertare l'effettivo abbattimento delle resistenze causato dall'aggiunta dello stesso; i provini saranno sottoposti a controllo così come previsto dal presente Capitolato Speciale.

Il controllo, ai fini della contabilizzazione, della resistenza caratteristica sarà eseguito esclusivamente sulla scorta dei risultati della rottura a compressione dei carotaggi eseguiti in opera.

Qualora le resistenze alle diverse maturazioni fossero inferiori a quanto previsto saranno applicate delle penalità. Le prove per la determinazione della resistenza stimata $R_{stim}$ saranno eseguite dal personale tecnico della DIREZIONE LAVORI in contraddittorio con il personale tecnico dell'APPALTATORE.

Le prove di rottura a compressione andranno eseguite presso Laboratori indicati dalla DIREZIONE LAVORI. Quando gli spessori rilevati dalla misurazione dei prelievi eseguiti in opera, fossero inferiori a quelli minimi previsti, la DIREZIONE LAVORI non contabilizzerà la lavorazione fino a che non siano stati ripristinati gli spessori minimi progettualmente richiesti.

### 12.7.4. Calcestruzzo fibrorinforzato per rivestimenti

Il rivestimento in conglomerato cementizio spruzzato, in relazione alle previsioni di Progetto, potrà essere armato con rete in barre d'acciaio a maglie elettrosaldate o, in alternativa, con fibre d'acciaio. Le fibre d'acciaio per la confezione del conglomerato armato con fibre dovranno essere realizzate con filo ottenuto per trafilatura d'acciaio a basso contenuto di carbonio, del diametro di 0,5 mm circa, avente tensione di rottura per trazione (f) > di 1.200 MPa e tensione di scostamento dalla proporzionalità avente (fp 0,2) > 900 MPa ed allungamento minimo < del 2,0%; le fibre dovranno essere lunghe 30 mm, rapporto d'aspetto (L/D)= 60 ed avere le estremità sagomate ad uncino.

Le fibre verranno aggiunte all'impianto con adatti dispositivi di distribuzione.

Per agevolare l'uniforme distribuzione delle fibre nell'impasto, le stesse dovranno essere preferibilmente confezionate in pacchetti di più fibre affiancate, tra loro unite con speciale collante

rapidamente solubile nell'acqua d'impasto e verificando la dispersione omogenea nel calcestruzzo. Ove si riscontrasse l'espulsione delle fibre dall'impasto con la formazione di "palle di fibre", si sospenderà la lavorazione finché l'inconveniente non sia stato eliminato.

La quantità di fibre d'acciaio da impiegare per l'armatura del conglomerato cementizio spruzzato dovrà essere quella prevista in Progetto; le fibre dovranno essere incorporate nel conglomerato già impastato avendo cura che la loro immissione e l'ulteriore miscelazione dell'impasto avvengano immediatamente prima della posa in opera.

Il Direttore dei Lavori potrà prescrivere la determinazione del dosaggio delle fibre nel calcestruzzo proiettato fresco o indurito, con il metodo dell'appendice D della UNI 10834.

Qualora il conglomerato fosse prescritto dal progettista come fibrorinforzato, il dossier di qualifica della miscela dovrà riportare i valori della resistenza di prima fessurazione e degli indici di duttilità D0 e D1, misurati con il metodo descritto dalla UNI 11039-2.

La DIREZIONE LAVORI potrà richiedere la verifica di queste caratteristiche in corso d'opera.

L'eventuale rete d'armatura, posta in opera preliminarmente ed inglobata nel conglomerato in fase di proiezione, dovrà essere conforme alle prescrizioni delle presenti Norme.

L'operatore dovrà dirigere il getto in modo da evitare la formazione di "ombre", ovvero vuoti tra l'armatura e il substrato.

Qualora la classe di resistenza a 28 d risulti non conforme, sarà applicata una penalità pari al 20% del prezzo unitario al metro cubo sull'intera produzione giornaliera desunta dal giornale dei lavori e/o dai tabulati di stampa prodotti dall'impianto di betonaggio.

Quando gli spessori rilevati dalla misurazione dei prelievi eseguiti in opera, fossero inferiori a quelli minimi previsti, la DIREZIONE LAVORI non contabilizzerà la lavorazione fino a che non siano stati ripristinati gli spessori minimi progettualmente richiesti.

### 12.7.5. Calcestruzzo ad alta resistenza

Ove il progettista abbia previsto l'impiego di conglomerato avente classe di resistenza alta (55 < Rck = 85 MPa), si dovrà fare riferimento alle Linee Guida del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sia per quanto concerne il calcestruzzo strutturale (fino a 75 MPa) che sul calcestruzzo Strutturale ad alta Resistenza (da 75 a 85 MPa).

Oltre alla documentazione di prequalifica l'APPALTATORE dovrà sottoporre all'approvazione della DIREZIONE LAVORI uno studio preliminare nel quale venga dettagliatamente descritta la metodologia di mix-design utilizzata e i criteri di scelta dei vari materiali.

La produzione dovrà effettuarsi solo dopo che la resistenza caratteristica e tutte le caratteristiche chimiche, meccaniche e fisiche che influiscono sulla resistenza e durabilità del calcestruzzo siano state accertate.

La produzione deve seguire specifiche procedure per il controllo di qualità.

## 12.8. CASSEFORME

Per tali opere provvisionali l'APPALTATORE comunicherà preventivamente alla DIREZIONE LAVORI il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando l'esclusiva responsabilità l'APPALTATORE stesso per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere provvisionali e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che

comunque possono riguardarle. Il sistema prescelto dovrà comunque essere atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Nella progettazione e nella esecuzione delle armature di sostegno delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'APPALTATORE è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tranvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo o di sottosuolo.

Tutte le attrezzature dovranno essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché, in ogni punto della struttura, la rimozione dei sostegni sia regolare ed uniforme.

### 12.8.1. Caratteristiche delle casseforme

Si prescrive l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibrocompressi o compensati; in ogni caso le casseforme dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ad essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle opere e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.

Potranno essere adottate apposite matrici se prescritte in progetto per l'ottenimento di superfici a faccia vista con motivi o disegni in rilievo.

Nel caso di utilizzo di casseforme in legno, si dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto. In ogni caso l'APPALTATORE avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti. Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto per evitare la fuoriuscita di boiacca cementizia.

La superficie esterna dei getti in conglomerato cementizio dovrà essere esente da nidi di ghiaia, bolle d'aria, concentrazione di malta fine, macchie od altro che ne pregiudichi l'uniformità e la compattezza e ciò sia ai fini della durabilità dell'opera che dell'aspetto estetico. Per la ripresa dei getti dovranno essere adottati gli accorgimenti indicati in precedenza.

Nel caso di casseratura a perdere, inglobata nell'opera, occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.

### 12.8.2. Pulizia e trattamento

I casseri devono essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito.

Si dovrà far uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui che non dovranno assolutamente macchiare la superficie in vista del conglomerato cementizio.

Su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto.

Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

Qualora si realizzino conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, l'uso dei disarmanti sarà subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto usato non alteri il colore.

### 12.8.3. Giunti e riprese di getto

I giunti tra gli elementi di cassaforma saranno realizzati con ogni cura al fine di evitare fuoriuscite di boiacca e creare irregolarità o sbavature; potrà essere prescritto che tali giunti debbano essere evidenziati in modo da divenire elementi architettonici.

Le riprese di getto saranno, sulla faccia vista, delle linee rette e, qualora richiesto dalla DIREZIONE LAVORI, saranno marcate con gole o risalti di profondità o spessore di 2-3 cm., che all'occorrenza verranno opportunamente sigillati.

### 12.8.4. Legature delle casseforme e distanziatori delle armature

I dispositivi che mantengono in posto le casseforme, quando attraversano il conglomerato cementizio, non devono essere dannosi a quest'ultimo, in particolare viene prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi delle casseforme vengano fissati nella esatta posizione prevista usando fili metallici liberi di scorrere entro tubi di PVC o simile, questi ultimi destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio; dove ciò non fosse possibile, previa informazione alla DL, potranno essere adottati altri sistemi prescrivendo le cautele da adottare.

E' vietato l'uso di distanziatori di legno o metallici, sono ammessi quelli in plastica, ma ovunque sia possibile dovranno essere usati quelli in malta di cemento.

La superficie del distanziatore a contatto con la cassaforma deve essere la più piccola possibile, si preferiranno quindi forme cilindriche, semicilindriche e semisferiche.

### 12.8.5. Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, oneri vari

L'APPALTATORE avrà a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso d'esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi o sarà successivamente prescritto di volta in volta in tempo utile dalla DIREZIONE LAVORI, circa fori, tracce, cavità, incassature ecc. nelle solette, nervature, pilastri, murature, ecc., per la posa in opera d'apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere d'interdizione, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti.

Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte dalla DIREZIONE LAVORI, saranno a totale carico dell'APPALTATORE sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni d'opere di spettanza dell'APPALTATORE stesso, sia per quanto riguarda le eventuali opere d'adattamento d'infissi o impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori.

### 12.8.6. Disarmo

Si potrà procedere alla rimozione delle casseforme dai getti quando saranno state raggiunti i tempi indicati nel **paragrafo 6.5.6** o, se maggiori, i tempi prescritti dal progettista per ottenere le resistenze richieste. In assenza di specifici accertamenti, l'APPALTATORE dovrà attenersi a quanto stabilito dalle "Norme Tecniche di cui al D.M. 14/01/2008 e della relativa Circolare 02.02.2009 n.617 del Consiglio Superiore dei LL.PP., emanate in applicazione della legge 5.11.1971 n° 1086.

Le eventuali irregolarità o sbavature, qualora ritenute tollerabili, dovranno essere asportate mediante bocciardatura ed i punti difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo

**Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette che dovessero sporgere dai getti, dovranno essere tagliati almeno 1,0 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento ad alta adesione.**

## 12.9. MAGRONI

### 12.9.1. Magroni

Prima di effettuare qualsiasi getto di calcestruzzo di fondazione, dovrà essere predisposto sul fondo dello scavo, dopo aver eseguito la pulizia ed il costipamento dello stesso secondo le modalità previste dal presente Capitolato, uno strato di calcestruzzo magro avente la funzione di piano di appoggio livellato e di cuscinetto isolante contro l'azione aggressiva del terreno.

Lo spessore dello strato sarà desunto dai documenti di progetto.

In corso d'opera si eseguiranno, a richiesta della DL prove di controllo a compressione su due cubetti, aventi lato 15 cm, per la determinazione, presso un laboratorio qualificato ai sensi dell'art.59 del D.P.R. n.380/2001, della (Rm) resistenza media a compressione a 28 giorni. La frequenza delle prove sarà di una ogni 500 mc di magrone prodotto da ciascun impianto di betonaggio.

### 12.9.2. Malta di livellamento

Sono malte confezionate con sabbia, acqua e cemento nelle dovute proporzioni ed utilizzate per la formazione di **piani di appoggio** con le tolleranze richieste dal progetto.

Le dimensioni degli inerti (sabbia) saranno di norma tra 0.8 e 2.0 mm.

La composizione della malta, in assenza di diversa indicazione, sarà di 1 m di inerte per 500 $kg/m^3$ di cemento Portland normale. La quantità di acqua sarà quella necessaria per ottenere una malta plastica idonea a riempire perfettamente le tasche per bulloni e/o inserti e gli spazi tra il calcestruzzo e le piastre.

Prima di effettuare la posa in opera della malta di livellamento, le superfici dovranno essere accuratamente pulite.

### 12.9.3. Malte speciali per inghisaggi

Le malte di livellamento speciali sono quelle malte ottenute con l'aggiunta di acqua a componenti premiscelati ottenendo così delle malte a ritiro compensato ed elevato grado di fluidità da utilizzare per inghisaggi di strutture, o altri elementi da congiungere, evitando il ritiro della malta e l'eventuale microdistacco dalle parti da fissare.

Il prodotto premiscelato, la cui granulometria sarà adeguata agli spessori delle malte sarà addizionato con acqua nelle proporzioni indicate dal Fornitore e comunicate alla DIREZIONE LAVORI.

Le schede tecniche dei prodotti che l'APPALTATORE intende utilizzare dovranno essere inviate per approvazione alla DIREZIONE LAVORI prima dell'inizio dei lavori stessi.

Qualora previsto nelle prescrizioni del progetto o richiesto dalla DIREZIONE LAVORI, le malte saranno sottoposte al controllo della resistenza meccanica da eseguirsi su provini prismatici 40 mm x 40 mm x 160 mm come previsto dal D.M. 3.6.1968, alle stagionature di 1,3,7,28 e 91 giorni.

Nel caso che nel progetto non siano prescritti valori diversi, la malta deve avere le seguenti caratteristiche:

- resistenza a compressione > 80 $N/mm^2$
- resistenza flessione > 10 $N/mm^2$
- coefficiente di permeabilità < $1x10^{-12}$

resistenza allo sfilamento, dopo 28 giorni, 20 N mm

**12.9.4. Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione**

Nelle strutture in cemento armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, è necessario che le guaine vengano iniettate con pasta di cemento fluida, a ritiro compensato e con adeguata resistenza meccanica come nel seguito specificato.

Tale miscela costituita da cemento, additivi ed acqua, non dovrà contenere cloruri o agenti che provocano espansione mediante formazione di gas aggressivi.

Le prescrizioni di seguito riportate si intendono integrative a quanto prescritto dalle vigenti Norme di Legge.

12.9.4.1.<u>Caratteristiche della miscela fluida</u>

Per l'impasto dovrà essere utilizzata acqua con le caratteristiche descritte nei paragrafi precedenti.

Il rapporto a/c della miscela, da determinare sperimentalmente per ogni tipo di cemento, dovrà essere il minore possibile compatibilmente con la fluidità richiesta e comunque non dovrà superare il valore di 0,38;

La massa volumica della miscela fresca non dovrà risultare inferiore a 1.85 $t/m^3$;

La fluidità della miscela cementizia da iniettare dovrà essere misurata con il cono di Marsh all'entrata ed all'uscita di ogni guaina; l'iniezione continuerà finché la fluidità della pasta cementizia in uscita non sarà analoga a quella della pasta cementizia in entrata con una tolleranza di ± 4 secondi;

La fluidità dovrà essere determinata misurando i tempi di flusso di 1000 $cm^3$ di miscela; questa sarà ritenuta idonea quando il tempo di flusso di 1000 $cm^3$, attraverso l'ugello di 8 mm, sarà compreso tra 17 e 25 secondi.

L'essudazione dovrà essere minore dell'0.2%; il controllo si esegue versando 1000 $cm^3$ di miscela in un cilindro graduato avente diametro di 60 mm e altezza di 450 mm circa misurando l'eventuale acqua essudata sulla superficie della miscela, mantenuta in riposo per tre ore;

Il ritiro dovrà essere assente; l'espansione, misurata secondo quanto previsto nella Norma UNI 8996 [44] dovrà essere superiore al 4%;

Il tempo di inizio presa a 30 °C, misurato secondo la Norma UNI-ENV 196/3 [15], dovrà essere superiore a tre ore ed il tempo di fine presa dovrà essere inferiore a 6 ore.

Il coefficiente di dilatazione termica dovrà essere pari a 0.00001 con tolleranza del 20% in aumento e del 5% in diminuzione.

12.9.4.2.Resistenza meccanica

La resistenza a compressione semplice su provini cubici aventi lato di 7 o 10 cm dovrà risultare non inferiore a 25 $N/mm^2$ dopo 3 giorni, a 37 $N/mm^2$ dopo 7 giorni e a 50 $N/mm^2$ dopo 28 giorni e la massa volumica degli stessi non inferiore a 1.90 $t/m^3$.

La resistenza a trazione per flessione a 8 giorni dovrà essere uguale o maggiore a 4 $N/mm^2$.

12.9.4.3.Modalità di preparazione e iniezione

L'impastatrice dovrà essere del tipo ad alta velocità con almeno 1500-2000 giri/min. E' vietato l'impasto a mano ed il tempo di mescolamento verrà fissato di volta in volta in base ai valori del cono di Marsh modificato;

Prima di essere immessa nella pompa la miscela dovrà essere vagliata con setaccio avente maglia di 2 mm di lato;

Nel caso di iniezione con pompa dovrà essere tassativamente prescritta la presenza di tubi di sfiato in corrispondenza di tutti i punti più elevati di ciascun cavo comprese le trombette ed i cavi terminali.

I tubi di sfiato dovranno essere presenti anche nei punti più bassi dei cavi lunghi e con forte dislivello.

Nel caso di iniezione sottovuoto questa dovrà essere eseguita utilizzando una apposita attrezzatura aspirante in grado di creare e mantenere, con la valvola di ingresso chiusa, una depressione di almeno 25 kPa nella guaina da iniettare.

La pompa aspirante dovrà avere una portata nominale di almeno 30 $m^3/h$ e dovrà essere accoppiata a una idonea attrezzatura equipaggiata di contalitri per la misura del volume della guaina da iniettare.

L'iniezione potrà essere eseguita dopo aver misurato il volume della guaina e verificato la possibilità di mantenere stabilmente nella medesima una depressione di almeno 25 kPa.

Durante l'iniezione si dovrà verificare che:

- non vi siano possibilità di infiltrazioni di aria nella guaina all'atto dell'immissione della pasta e per tutto il tempo dell'iniezione; gli eventuali punti di infiltrazione dovranno essere individuati e siglati;
- la pompa venga mantenuta in funzione fin quando la pasta non fuoriesce dal lato opposto della guaina;
- la depressione nella guaina non superi i 35 kPa ;
- il volume di pasta iniettata sia pressoché uguale al volume della guaina.

Quando la pasta fuoriesce dal lato opposto, si dovrà chiudere con una valvola il condotto di fuoriuscita e si dovrà proseguire a pompare fino a raggiungere la pressione di 500 kPa che dovrà essere mantenuta senza pompare per almeno 1 minuto.

L'iniezione dovrà essere continua e non potrà assolutamente venire interrotta. Nel caso di interruzione superiore a 5 minuti il cavo dovrà essere lavato e l'iniezione ripresa dall'inizio.

Si dovrà provvedere con appositi contenitori affinché la miscela di sfrido non venga scaricata, senza alcun controllo, sull'opera od attorno ad essa.

## 12.10. ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A. E C.A.P.

### 12.10.1. Approvvigionamento dell'acciaio per cemento armato

In cantiere è ammessa esclusivamente la fornitura e l'impiego di acciai saldabile ad aderenza migliorata del tipo B450C e B450A con caratteristiche dimensionali e di impiego secondo quanto previsto al p.to 11.3.2.4 del D.M. 14/01/2008, qualificati secondo le procedure indicate al punto 11.3.1.6 e controllati con le modalità riportate nei punti 11.3.2.11 e 11.3.2.12.

E' ammesso esclusivamente l'utilizzo di acciai qualificati e dotati di marcatura CE ai sensi del D.P.R. n.246/93 di recepimento della direttiva 89/106/CE e s.m.i.; inoltre ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marcatura indelebile.

Tutte le forniture di acciaio, per le quali non sussista l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate dell'"Attestato di Qualificazione" rilasciato dal Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale. (rif. P.to 11.3.1.5. del D.M. 14.01.2008).

L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo.

Il riferimento a tale attestato deve essere riportato sul documento di trasporto. Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore.

Si definisce **Centro di trasformazione** un impianto esterno alla fabbrica e/o al cantiere, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere, pronti per la messa in opera o per successive lavorazioni.

Il Centro di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dalla documentazione prevista al § 11.3.1.5. del D.M. 14.01.2008 e dal p.to C11.3.1.5 della Circolare 2 febbraio 2009 n.617.

Particolare attenzione deve essere posta nel caso in cui nel centro di trasformazione, vengano utilizzati elementi base, comunque qualificati, ma provenienti da produttori differenti, attraverso specifiche procedure documentate che garantiscano la rintracciabilità dei prodotti.

Per i prodotti provenienti dai Centri di trasformazione è necessaria la documentazione che assicuri che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dal D.M. 14/01/2008.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto, che sovrintende al processo di trasformazione, deve essere predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:2000 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006.

Inoltre può essere richiesta la seguente documentazione aggiuntiva :

- certificato di collaudo tipo 3.1 in conformità alla norma UNI EN 10204;
- certificato Sistema Gestione Qualità UNI EN ISO 9001;
- certificato Sistema Gestione Ambientale UNI EN ISO 14001;
- dichiarazione di conformità al controllo radiometrico (può essere inserito nel certificato di collaudo tipo 3.1);
- polizza assicurativa per danni derivanti dal prodotto.

I centri di trasformazione sono identificati, ai sensi delle presenti Norme, come "luogo di lavorazione" e, come tali, sono tenuti ad effettuare una serie di controlli atti a garantire la permanenza delle caratteristiche, sia meccaniche che geometriche, del materiale originario. I controlli devono essere effettuati secondo le disposizioni riportate nel seguito per ciascuna tipologia di acciaio lavorato.

Nell'ambito del processo produttivo deve essere posta particolare attenzione ai processi di piegatura e di saldatura. In particolare il Direttore Tecnico del centro di trasformazione deve verificare, tramite opportune prove, che le piegature e le saldature, anche nel caso di quelle non resistenti, non alterino le caratteristiche meccaniche originarie del prodotto. Per i processi sia di saldatura che di piegatura, si potrà fare utile riferimento alla normativa europea applicabile.

Per quanto sopra, è fatto obbligo a tali centri di nominare un Direttore Tecnico dello stabilimento che opererà secondo il disposto dell'art. 64, comma 3, del DPR 380/01.

I centri di trasformazione sono tenuti a dichiarare al Servizio Tecnico Centrale la loro attività, indicando l'organizzazione, i procedimenti di lavorazione, le massime dimensioni degli elementi base utilizzati, nonché fornire copia della certificazione del sistema di gestione della qualità che sovrintende al processo di trasformazione. Ogni centro di trasformazione dovrà inoltre indicare un proprio logo o marchio che identifichi in modo inequivocabile il centro stesso.

Nella dichiarazione deve essere indicato l'impegno ad utilizzare esclusivamente elementi di base qualificati all'origine.

Alla dichiarazione deve essere allegata la nota di incarico al Direttore Tecnico del centro di trasformazione, controfirmata dallo stesso per accettazione ed assunzione delle responsabilità, ai sensi delle presenti norme, sui controlli sui materiali.

Il Servizio Tecnico Centrale attesta l'avvenuta presentazione della dichiarazione di cui sopra. La dichiarazione sopra citata deve essere confermata annualmente al Servizio Tecnico Centrale, con allegata una dichiarazione attestante che nulla è variato rispetto al precedente deposito, ovvero siano descritte le avvenute variazioni.

Ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati deve essere accompagnata:

a. da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
b. dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora il Direttore dei Lavori lo richieda, all'attestazione di cui sopra potrà seguire copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione. Della documentazione di cui sopra dovrà prendere atto il collaudatore, che riporterà, nel Certificato di collaudo, gli estremi del centro di trasformazione che ha fornito l'eventuale materiale lavorato.

Pertanto ogni carico di acciaio giunto in cantiere dovrà essere corredato della copia dell'attestato di qualificazione del S.T.C. (Servizio Tecnico Centrale Min. Infrastrutture) sul prodotto di origine, del documento di trasporto dell'acciaieria, della marcatura di origine; nel caso in cui la fornitura provenga da un commerciante o da un centro di trasformazione intermedio dovrà essere inoltre presente il documento di trasporto del fornitore e nel secondo caso la specifica marcatura che identifica in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso.

Qualora così non fosse, tutto il carico sarà rifiutato ed immediatamente allontanato, a cura e spese dell'APPALTATORE, dal cantiere stesso.

### 12.10.2. Acciaio in barre ad aderenza migliorata qualificato – Fe B450C e B450A

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili ad aderenza migliorata qualificati e controllati con le modalità previste dal D.M. in vigore (D.M. 14/01/2008).

L'acciaio per c.a. laminato a caldo, denominato B450C, dovrà rispettare i requisiti minimi sulle caratteristiche meccaniche previste nella tabella seguente:

| | | Classe C | Requisito o frattile (%) |
|---|---|---|---|
| Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ o $f_{0.2k}$ (MPa) | | $\geq$450 | 5.0 |
| Tensione caratteristica di rottura $F_{tk}$ (MPa) | | $\geq$540 | 5.0 |
| Valore minimo di $k = (f_t/f_{yk})$ | | $\geq$ 1.15<br>< 1.35 | 10.0 |
| Deformazione caratteristica al carico massimo, $\varepsilon_{uk}$ (%) | | $\geq$ 7.5 | 10.0 |
| Attitudine al piegamento | | Prova di piegamento/raddrizzamento | |
| Tolleranza massima dalla massa nominale (%) | Diametro nominale della barra (mm)<br>$\leq$ 8<br>> 8 | ±6.0<br>±4.5 | 5.0 |

L'acciaio per c.a. trafilato a freddo, denominato B450A, dovrà rispettare i requisiti sulle caratteristiche meccaniche previste nella tabella seguente:

| | | Classe A | Requisito o frattile (%) |
|---|---|---|---|
| Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ o $f_{0.2k}$ (MPa) | | ≥450 | 5.0 |
| Tensione caratteristica di rottura $F_{tk}$ (MPa) | | ≥540 | 5.0 |
| Valore minimo di $k = (f_t/f_{yk})$ (*) | | > 1.05 | 10.0 |
| Deformazione caratteristica al carico massimo, $\varepsilon_{uk}$ (%) (*) | | ≥ 2.5 | 10.0 |
| Attitudine al piegamento | | Prova di piegamento/raddrizzamento | |
| Tolleranza massima dalla massa nominale (%) | Diametro nominale della barra (mm)<br>≤ 8<br>> 8 | ±6.0<br>±4.5 | 5.0 |

### 12.10.3. Reti in barre di acciaio elettrosaldate

Le reti saranno realizzate con acciaio in barre ad aderenza migliorata saldabili del tipo previsto al par. 6.10.3 di diametro compreso fra 6 e 16 mm per quelle costituite con acciaio B450C e, di diametro compreso fra 5 e 10 mm per quelle costituite con acciaio B450A. L'interasse delle barre non deve superare 330 mm. I nodi (incroci) delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata in accordo con la UNI EN ISO 15630–2 e pari al 25% della forza di snervamento della barra, da computarsi per quella di diametro maggiore.

La qualificazione e la marcatura del prodotto finito dovrà essere conforme a quanto previsto dal D.M. in vigore.

I controlli in cantiere sono obbligatori e devono essere effettuati con le medesime procedure di cui al punto 6.10.5. e secondo quanto previsto al p.to 11.3.2.11. del D.M. 14.01.2008.

### 12.10.4. Zincatura a caldo degli acciai

È ammesso l'uso di acciai zincati purché le caratteristiche fisiche, meccaniche e tecnologiche siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai normali.

I controlli e, di conseguenza, la relativa verifica delle caratteristiche sopra indicate deve essere effettuata sul prodotto finito, dopo il procedimento di zincatura.

### 12.10.5. Acciai inossidabili

È ammesso l'impiego di acciai inossidabili di natura austenitica o austeno-ferritica, purché le caratteristiche meccaniche siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai di cui al § 11.3.2.1

del DM 14.01.2008, con l'avvertenza di sostituire al termine ft della relativa Tab. 11.3.Ia, il termine $f_{7\%}$, ovvero la tensione corrispondente ad un allungamento $A_{gt}$= 7%.

La saldabilità di tali acciai va documentata attraverso prove di saldabilità certificate da un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ed effettuate secondo gli specifici procedimenti di saldatura, da utilizzare in cantiere o in officina, previsti dal produttore.

Per essi la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione.

### 12.10.6. Acciaio per c.a.p.

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati CE secondo le procedure previste dal D.M. in vigore (14/01/2008).

#### 12.10.6.1. Fili, barre, trecce, trefoli

L'acciaio per armature da precompressione è generalmente fornito sotto forma di:

- Filo: Prodotto trafilato di sezione piena che possa fornirsi in rotoli;
- Barra: Prodotto laminato di sezione piena che possa fornirsi soltanto in forma rettilinea
- Treccia: 2 o 3 fili avvolti ad elica intorno al loro comune asse longitudinale
- Trefolo: fili avvolti ad elica intorno ad un filo rettilineo completamente ricoperto dai fili elicoidali

I fili possono essere tondi o di altra forma, non è consentito l'impiego di fili lisci nelle strutture precompresse ad armature pretese.

Le barre possono essere lisce, a filettatura continua o parziale, con risalti. La marcatura dei prodotti sarà generalmente costituita da sigillo o etichettatura sulle legature e dovrà essere conforme a quanto previsto dal D.M. in vigore. Gli acciai possono essere forniti in rotoli (fili, trecce, trefoli), in bobine (trefoli), in fasci (barre).

I fili devono essere forniti in rotoli di diametro tale che all'atto dello svolgimento, allungati al suolo su un tratto di 10 m, non presentino curvatura con freccia superiore a 400 mm; il il produttore deve indicare il diametro minimo di avvolgimento.

Ciascun rotolo di filo deve essere esente da saldature; sono ammesse le saldature di fili destinati alla produzione di trecce e di trefoli se effettuate prima della trafilatura, mentre per i trefoli sono ammesse saldature anche durante l'operazione di cordatura purché tali saldature siano opportunamente distanziate e sfasate.

Allo scopo di assicurare la centratura dei cavi nelle guaine si prescrive l'impiego di una spirale costituita da una treccia di acciaio armonico del diametro di 6 mm, avvolta intorno ad ogni cavo con passo di 80÷100 cm.

I filetti delle barre e dei manicotti di giunzione dovranno essere protetti fino alla posa in opera con prodotto antiruggine privo di acidi. Se l'agente antiruggine è costituito da grasso, è necessario sia sostituito con olio prima della posa in opera per evitare che all'atto dell'iniezione gli incavi dei dadi siano intasati di grasso. All'atto della posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili, pieghe. Non è ammessa in cantiere nessuna operazione di raddrizzamento.

#### 12.10.6.2. Caratteristiche dinamiche, fisiche e geometriche.

Gli acciai per armature da precompressione devono possedere proprietà meccaniche garantite dal produttore non inferiori a quelle di seguito riportate ed in conformità al D.M. in vigore (D.M. 14/01/2008):

| Tipo di acciaio | Barre | Fili | trefoli | trefoli a fili sagomati | Trecce |
|---|---|---|---|---|---|
| Tensione caratteristica di rottura $f_{ptk}$ (MPa) | ≥1000 | ≥1570 | ≥1860 | ≥1820 | ≥1900 |
| Tensione caratteristica allo 0.1% di deformazione residua $f_{p(0.1)k}$ (MPa) | --- | ≥1420 | --- | --- | --- |
| Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale $f_{p(1)k}$ (MPa) | --- | --- | ≥1670 | ≥1620 | ≥1700 |
| Tensione caratteristica di snervamento $f_{pyk}$ (MPa) | ≥800 | --- | --- | --- | --- |
| Allungamento sotto carico massimo $A_{gt}$ (MPa) | ≥3,5 | ≥3,5 | ≥3,5 | ≥3,5 | ≥3,5 |

Il produttore dovrà controllare la composizione chimica e la struttura metallografia al fine di garantire le proprietà meccaniche prescritte.

12.10.6.3. Cavo inguainato monotrefolo

Dovrà essere di tipo compatto, costituito da trefolo in fili di acciaio a sezione poligonale, controllati in stabilimento, rivestito con guaina tubolare in polietilene ad alta densità, intasata internamente con grasso anticorrosivo ad alta viscosità, stabile ed idoneo all'uso specifico.

Le caratteristiche dell'acciaio, i controlli, lo spessore della guaina dovranno essere conformi a quanto previsto nel presente Capitolato Speciale e a quanto riportato negli elaborati di Progetto.

L'APPALTATORE dovrà sottoporre alla preventiva approvazione della DIREZIONE LAVORI il sistema proposto per l'ingrassaggio, l'infilaggio e l'eventuale sostituzione dei trefoli.

12.10.6.4. Ancoraggi dell'armatura di precompressione

Per gli ancoraggi è ammesso solo l'utilizzo di prodotti omologati.

Gli ancoraggi terminali dell'armatura di precompressione dovranno essere conformi ai disegni di Progetto, composti essenzialmente da piastre di ripartizione e apparecchi di bloccaggio. Per i cavi inguainati monotrefolo le piastre di ripartizione dovranno essere in acciaio zincato, a tenuta stagna; i cappellotti di protezione terminali dovranno essere zincati e provvisti di guarnizione in gomma antiolio, da calzare sui cilindretti e fissare con viti zincate ai terminali riempiti con grasso dopo la tesatura dei trefoli.

### 12.10.7. Controllo del peso e della sezione

Per il controllo del peso effettivo da ogni partita dovranno essere prelevati dei campioni di barra.

Qualora risultassero sezioni effettive inferiori a quelle ammesse dalle tolleranze previste nel D.M. attuativo della Legge n° 1086 [25] il materiale verrà rifiutato e subito allontanato dal cantiere.

Qualora il peso effettivo risultasse inferiore al 98% di quello teorico e fosse accettabile in base alle tolleranze previste nel D.M. attuativo della Legge n° 1086 [25], dovranno essere aggiunte (modificando i disegni di progetto e informando il Direttore dei Lavori) barre in quantità sufficiente

a realizzare una sezione di acciaio non inferiore a quella prevista dal progetto esecutivo originariamente approvato.

### 12.10.8. Controllo di qualità e Accettazione in cantiere

Il Direttore dei Lavori è obbligato ad eseguire i controlli di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere, in conformità con le indicazioni contenute nel D.M. 14/01/2008 al punto 11.3.2.10.4.

Il campionamento ed il controllo di accettazione dovrà essere effettuato entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale.

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dal citato D.M. in vigore.

L'unità di collaudo per acciai per c.a. e c.a.p. è costituita dal lotto di spedizione del peso max di 30 t (così come riportato al p.to 11.3.1.1 del DM 14.01.2008) spedito in un'unica volta e composta da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione). Ogni lotto di spedizione di peso inferiore a 30 t deve essere considerata un'unità di collaudo indipendente così come ogni fornitura di prodotti aventi caratteristiche differenti o realizzati con processi produttivi differenti anche se provenienti dallo stesso stabilimento.

Nell'ambito di ciascuna lotto di spedizione consegnato e per **ogni diametro** delle barre in essa contenuta, si dovrà procedere al campionamento di tre spezzoni marchiati di acciaio di lunghezza complessiva pari a 100 cm ciascuno, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi anche agli altri diametri delle forniture presenti in cantiere e provenienti da altri stabilimenti.

Non saranno accettati **fasci** di acciaio contenenti barre di differente marcatura.

Il prelievo dei campioni in cantiere e la consegna al Laboratorio Ufficiale incaricato dei controlli verrà effettuato dal Direttore dei Lavori o da un tecnico da lui delegato; la consegna delle barre di acciaio campionate, identificate mediante sigle o etichettature indelebili, dovrà essere accompagnata da una richiesta di prove sottoscritta dal Direttore dei Lavori.

La domanda di prove al Laboratorio Ufficiale dovrà essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e dovrà inoltre contenere precise indicazioni sulla tipologia di opera da realizzare (pilastro, trave, muro di sostegno, fondazioni, strutture in elevazione ecc…).

Il controllo del materiale, eseguito in conformità alle prescrizioni del punto 11.2.2.3 di cui al precedente Decreto, riguarderà le proprietà meccaniche di resistenza e di allungamento.

**Tab. 6.10.3.a** – *Valori limite per prove acciaio*

| Caratteristica | Valore Limite | Note |
|---|---|---|
| *fy minimo* | 425 N/mm$^2$ | *(450 – 25) N/mm$^2$* |
| *fy massimo* | 572 N/mm$^2$ | *[450x(1.25+0.02)] N/mm$^2$* |
| *Agt minimo* | ≥ 6.0% | *Per Acciaio B450C* |
| *Agt minimo* | ≥ 2.0% | *Per Acciaio B450A* |
| *Rottura/snervamento* | 1.13 < *ft/fy* < 1.37 | *Per Acciaio B450C* |
| *Rottura/snervamento* | *ft/fy* ≥1.13 | *Per Acciaio B450A* |
| *Piegamento/raddrizzamento* | assenza di cricche | *Per tutti* |

Qualora la determinazione del valore di una quantità fissata in termini di valore caratteristico crei una controversia, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato.

Se un risultato è minore del valore caratteristico prescritto, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente. Se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso occorrerà prelevare un ulteriore (singolo) provino.

Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore caratteristico, il lotto consegnato deve essere considerato conforme.

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfati, dieci ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001.

Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo secondo quanto sopra riportato. In caso contrario il lotto deve essere respinto ed il risultato segnalato al STC.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del Direttore dei Lavori o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

Qualora la fornitura, di elementi sagomati o assemblati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al § 11.3.1.7 del D.M. 14.01.2008, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra.

In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

La domanda di prove al Laboratorio, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001, deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo.

In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del Direttore dei Lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del D.M. 14.01.2008 e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

I certificati emessi dai laboratori devono **obbligatoriamente** contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del Direttore dei Lavori che richiede la prova;
- la descrizione e l'identificazione dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;

- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni;
- i valori delle grandezze misurate e l'esito delle prove di piegamento.

I certificati devono riportare, inoltre, l'indicazione del marchio identificativo rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio Tecnico Centrale, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi D.M. 14.01.2008 e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

Qualora all'interno della fornitura siano contenute anche reti elettrosaldate, il controllo di accettazione dovrà essere esteso anche a questi elementi. In particolare, a partire da tre differenti reti elettrosaldate verranno prelevati 3 campioni di dimensioni 100*100 cm.

Il controllo di accettazione riguarderà la prova di trazione su uno spezzone di filo comprendente almeno un nodo saldato, per la determinazione della tensione di rottura, della tensione di snervamento e dell'allungamento; inoltre, dovrà essere effettuata la prova di resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo.

I controlli in cantiere sono facoltativi quando il prodotto utilizzato proviene da un Centro di trasformazione o luogo di lavorazione delle barre, nel quale sono stati effettuati tutti i controlli descritti in precedenza. In quest'ultimo caso, la spedizione del materiale deve essere accompagnata dalla certificazione attestante l'esecuzione delle prove di cui sopra.

Resta nella discrezionalità del Direttore dei Lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni (es. indice di aderenza, saldabilità).

### 12.10.9. Giunzioni e saldature

Eventuali giunzioni, quando non evitabili, dovranno essere realizzate con manicotti filettati.

L'APPALTATORE dovrà consegnare preventivamente al Direttore dei Lavori le schede tecniche dei prodotti che intende utilizzare.

L'impiego di saldature non è di norma consentito e può essere applicato solo per le gabbie di armatura dei pali di fondazione e in casi speciali dietro autorizzazione del DL.

Per le gabbie di armatura dovranno comunque essere effettuati prelievi di barre con elementi di staffa saldati da sottoporre a prove di trazione presso laboratori autorizzati con lo scopo di verificare che la saldatura non abbia provocato una riduzione di resistenza nelle barre.

Negli altri casi, le modalità di saldatura, che devono essere descritte in una apposita procedura redatta dall'APPALTATORE, devono essere approvate dalla DL prima dell'inizio delle attività.

Nel corso dei lavori il Direttore dei Lavori, per giustificati motivi, potrà comunque richiedere ulteriori prove di controllo sulle saldature eseguite.

### 12.10.10. Realizzazione delle gabbie e posizionamento delle armature per c.a.

Le gabbie di armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; in ogni caso in corrispondenza di tutti i nodi dovranno essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm in modo da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto.

In alternativa per le legature potranno essere effettuate delle saldature con apporto di materiale (di puntatura e non di forza) tali da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il

getto. Le saldature dovranno essere effettuate da personale qualificato (dotato di relativo patentino) e dovranno essere caratterizzate da specifica relazione del progettista descrittiva delle relative modalità e con individuazione degli schemi di saldatura. Le puntature non dovranno in ogni caso superare il 50% degli incroci, salvo differenti disposizioni progettuali.

L'APPALTATORE dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante il getto.

**La posizione delle armature metalliche entro i casseri dovrà essere garantita utilizzando esclusivamente opportuni distanziatori in materiale plastico non deformabile oppure di malta o pasta cementizia, in modo da rispettare il copriferro prescritto.**

Lungo le pareti verticali si dovrà ottenere il necessario distanziamento esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori ad anello o similari; sul fondo dei casseri dovranno essere impiegati distanziatori del tipo approvato dalla DIREZIONE LAVORI.

Copriferro ed interferro dovranno essere dimensionati nel rispetto del disposto di cui alle Norme di esecuzione per c.a. e c.a.p., contenute nelle "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche DM 14/01/08 emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5.11.1971 n. 1086.

Lo spessore del copriferro, in particolare, dovrà essere correlato allo stato limite di fessurazione del conglomerato, in funzione delle condizioni ambientali in cui verrà a trovarsi la struttura e comunque non dovrà essere inferiore a 3 cm e comunque come indicato dal progettista.

Per strutture ubicate in prossimità di litorali marini o in presenza di acque con componenti di natura aggressiva (acque selenitose, solforose, carboniche, ecc.), la distanza minima delle superfici metalliche delle armature dalle facce esterne del conglomerato dovrà essere di 4 cm e comunque come indicato dal progettista.

E' a carico dell' APPALTATORE l'onere della posa in opera delle armature metalliche, anche in presenza di acqua o fanghi bentonitici, nonché i collegamenti equipotenziali.

### 12.10.11. Posizionamento delle armature di precompressione

L'APPALTATORE dovrà attenersi rigorosamente alle disposizioni contenute nei disegni costruttivi, in particolare per quanto riguarda:

- il tipo, il tracciato, la sezione dei singoli cavi;
- i dispositivi speciali come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.;
- le fasi di applicazione della precompressione;
- la messa in tensione (da uno o da entrambi gli estremi);
- le eventuali operazioni di ritaratura delle tensioni.

Oltre a quanto prescritto nel D.M. 14.01.2008 attuativo della Legge n° 1086 [25], si precisa che nella posa in opera delle armature di precompressione l'APPALTATORE dovrà assicurarne l'esatto posizionamento mediante l'impiego di adeguati supporti.

Al fine di preservare le armature metalliche delle strutture in cemento armato precompresso dall'azione corrosiva delle correnti vaganti, l'APPALTATORE è tenuto a collegare tutti i ferri delle armature di precompressione tra loro nelle testate delle strutture mediante un conduttore di acciaio da collegare con un terminale da realizzare con un tondo di ferro dolce del diametro di 24 mm e sporgente dalla struttura per una lunghezza non inferiore a 20 cm.

Poiché tale conduttore dovrà servire, dopo l'ultimazione dell'opera e dopo l'attivazione dell'esercizio, al rilevamento delle correnti vaganti e eventualmente poi alla messa a terra delle strutture o alla loro protezione catodica, lo stesso dovrà già essere previsto, nella fase di progettazione, in posizione accessibile ad opera ultimata. Tutti i collegamenti, di cui sopra, dovranno, preferibilmente, essere ottenuti mediante saldatura.

Qualora tale procedimento non fosse possibile, per motivi di sicurezza inerenti all'integrità delle armature di precompressione, si potranno effettuare i collegamenti stessi con altro sistema, che assicuri un sufficiente grado di conduttività anche col volgere degli anni.

Nel caso di strutture in c.a.p. ad armature pretese e per le quali risultasse di difficile esecuzione il collegamento delle estremità delle armature stesse con un conduttore, si potrà provvedere all'isolamento elettrico dell'impalcato, mediante verniciatura delle superfici di testata con opportune resine sintetiche e dielettriche.

Comunque anche per le travi pretese si prevederà il collegamento elettrico dei trefoli in testata con le modalità previste dal presente Capitolato limitatamente all'1% delle travi di ciascun viadotto con un minimo di 1 trave per viadotto.

Tolleranze nel posizionamento delle armature normali e da precompressione:

Le tolleranze nel posizionamento delle armature normali (cavi e/o barre) sono riportate di seguito; chiamando S lo scarto tra la posizione teorica di progetto e quella effettiva in opera, sono ammessi questi valori:

copriferro armature strutturali:

- S = - 0.0 cm
- S = + 1.5 cm (S = 1.0 cm per solette)

armature di ripartizione o di diffusione (nel senso ortogonale al copriferro):

- S = ± 2.0 cm (purchè siano rispettati i valori di copriferro ed interferro).

armature da precompressione:

- cavi e/o barre: S = ± 1.0 cm
- trefoli: S = ± 0.5 cm

interasse delle staffe:

- S = ± 2.0 cm (purché le differenze positive e negative si compensino nello spazio di 1 m).

### 12.10.12. Tesatura

Per le operazioni di tesatura vale quanto indicato al paragrafo relativo al cls precompresso.

Nelle strutture ad armatura pretesa le armature di precompressione dovranno essere ricoperte dal calcestruzzo per tutta la loro lunghezza.

Per quanto riguarda l'iniezione di guaina nei cavi di precompressione si rimanda alle prescrizioni contenute nel paragrafo relativo al cls precompresso.

## 12.11. PROVE DI CARICO

a) Le prove di carico (collaudo statico) dovranno essere eseguite in accordo alle normative vigenti ed alle indicazioni del Collaudatore e della DL, e dovranno identificare la corrispondenza del comportamento teorico e quello sperimentale. I materiali degli elementi sottoposti a collaudo devono aver raggiunto le resistenze previste per il loro funzionamento finale in esercizio.

b) Il programma delle prove, stabilito dal Collaudatore, con l'indicazione delle procedure di carico e delle prestazioni attese deve essere sottoposto al Direttore dei lavori per l'attuazione e reso noto al Progettista e all'APPALTATORE. Le prove di carico si devono svolgere con le modalità indicate dal Collaudatore che se ne assume la piena responsabilità, mentre, per quanto riguarda la loro materiale attuazione, è responsabile il Direttore dei lavori. Sarà cura dell'APPALTATORE verificare e fare in modo che al momento del collaudo risulti disponibile tutta la certificazione prevista dalle norme vigenti.
c) Prima della effettuazione delle prove I'APPALTATORE dovrà concordare con la DL la quantità ed il tipo delle apparecchiature, degli strumenti e dei materiali da utilizzare, garantendo la operabilità e la precisione richiesta e facendo eseguire le tarature eventualmente necessarie.
d) Sarà cura dell'APPALTATORE assicurare, nel rispetto delle norme di sicurezza, la completa accessibilità sia alle opere da collaudare che agli strumenti di misura.
e) Per le opere realizzate anche parzialmente con elementi in precompresso si dovrà rispettare anche la normativa in vigore. Qualora siano disponibili le prove di carico sull'elemento prefabbricato, queste andranno tenute presenti nel valutare i dati delle prove di collaudo sull'impalcato completo.
f) Le prove di carico sono prove di comportamento delle opere sotto le azioni di esercizio. Queste devono essere, in generale, tali da indurre le sollecitazioni massime di esercizio per combinazioni caratteristiche (rare). In relazione al tipo della struttura ed alla natura dei carichi le prove possono essere convenientemente protratte nel tempo, ovvero ripetute su più cicli.
g) Il giudizio sull'esito della prova è responsabilità del Collaudatore. L'esito della prova va valutato sulla base dei seguenti elementi:
    a. le deformazioni si accrescano all'incirca proporzionalmente ai carichi;
    b. nel corso della prova non si siano prodotte fratture, fessurazioni, deformazioni o dissesti che compromettono la sicurezza o la conservazione dell'opera;
    c. la deformazione residua dopo la prima applicazione del carico massimo non superi una quota parte di quella totale commisurata ai prevedibili assestamenti iniziali di tipo anelastico della struttura oggetto della prova. Nel caso invece che tale limite venga superato, prove di carico successive devono indicare che la struttura tenda ad un comportamento elastico.
    d. la deformazione elastica risulti non maggiore di quella calcolata.

Le prove statiche, a giudizio del Collaudatore e in relazione all'importanza dell'opera, possono essere integrate da prove dinamiche e prove a rottura su elementi strutturali.

## ALLEGATO 1 : PROVE PARTICOLARI SU CALCESTRUZZO

**a) Controllo dell'omogeneità**

L'omogeneità del calcestruzzo all'atto del getto dovrà essere verificata su due campioni, prelevati rispettivamente a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera.

Dopo aver accertato dal documento di carico, che l'impasto è avvenuto nel rispetto della tolleranza dei singoli componenti e trascorso il tempo minimo necessario per garantire l'omogeneità dell'impasto (t' = n mc + 2'), si procederà ad effettuare le prove sul cls fresco, sempre ad opera del laboratorio ufficiale/autorizzato nel seguente modo:

1) ad 1/5 di scarico della betoniera:
- slump;
- trattenuto di aggregato al setaccio di 4 mm;

2) ai 4/5 di scarico della betoniera:
- slump;
- trattenuto di aggregato al setaccio di 4 mm (per prova di omogeneità rispetto al valore del primo quinto);

3) il valore dell'abbassamento al cono sia conforme alla classe di consistenza dichiarata e si mantenga entro i limiti della stessa, con la tolleranza di ± 20 mm su detti limiti:
- per almeno 60 minuti per temperature fino a 20°C;
- per almeno 45 minuti per temperature fino a 35°C.

4) venga verificata l'omogeneità del calcestruzzo all'atto del getto su due campioni, prelevati rispettivamente a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera:

In tal caso dette p1 e p2 le percentuali in peso di trattenuto al vaglio a maglia quadrata da 4 mm dei due campioni, dopo vagliatura a umido dovrà essere verificata la seguente relazione:

$$(p1 - p2) \leq 0{,}15\ ((p1 - p2)/2)$$

L'abbassamento al cono dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire di più di 30 mm.

**b) Determinazione del coefficiente di impermeabilità a carico costante**

1) Preparazione n° 2 provini di conglomerato cementizio

| | | |
|---|---|---|
| Dimensione: | cubico | di lato 15 cm |
| | cilindrico | di diametro 15 cm |
| | | altezza 15 cm |

2) Esecuzione della prova:

Applicazione di un gradiente di pressione da 0,05 a 2,5 MPa ed eccezionalmente fino a 4,0 MPa.

Misurazione della quantità di acqua percolata in 24 ore.

3) Determinazione del coefficiente di permeabilità k 1cm/sec)

Si applica la seguente formula

$$K=\frac{Qxd}{Axtxh}$$

## 12.12. APPENDICE 1: CLASSIFICAZIONE DEI CEMENTI

UNI ENV 197/1

Tipi di cemento e composizione - Percentuali in massa (1)

| Tipo di cemento | Denominazione | Sigla | Clinker | Loppa d'altoforno granulata | Microsilice | Pozzolana | | Cenere volante | | Scisto calcinato | Calcare | Costituenti secondari (2) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | naturale | industriale | Silicica | calcica | | | |
| | | | K | S | D (3) | P | Q (4) | V | W | T | L | |
| I | Cemento Portland | I | 95-100 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| II | Cemento Portland alla loppa | II/A-S | 80-94 | 6-20 | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| | | II/B-S | 65-79 | 21-35 | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| | Cemento Portland alla micosilice | II/A-D | 90-94 | - | 6-10 | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| | Cemento Portland alla pozzolana | II/A-P | 80-94 | - | - | 6-20 | - | - | - | - | - | 0-5 |
| | | II/B-P | 65-79 | - | - | 21-35 | - | - | - | - | - | 0-5 |
| | | II/A-Q | 80-94 | - | - | - | 6-20 | - | - | - | - | 0-5 |
| | | II/B-Q | 65-79 | - | - | - | 21-35 | - | - | - | - | 0-5 |
| | Cemento Portland alle ceneri volanti | II/A-V | 80-94 | - | - | - | - | 6-20 | - | - | - | 0-5 |
| | | II/B-V | 65-79 | - | - | - | - | 21-35 | - | - | - | 0-5 |
| | | II/A-W | 80-94 | - | - | - | - | - | 6-20 | - | - | 0-5 |
| | | II/B-W | 65-79 | - | - | - | - | - | 21-35 | - | - | 0-5 |
| | Cemento Portland allo scisto calcinato | II/A-T | 80-94 | - | - | - | - | - | - | 6-20 | - | 0-5 |
| | | II/B-T | 65-79 | - | - | - | - | - | - | 21-35 | - | 0-5 |
| | Cemento Portland al calcare | II/A-L | 80-94 | - | - | - | - | - | - | - | 6-20 | 0-5 |
| | | II/B-L | 65-79 | - | - | - | - | - | - | - | 21-35 | 0-5 |
| | Cemento Portland composito | II/A-M | 80-94 | <---------- 6-20 (5) ----------> | | | | | | | | |
| | | II/B-M | 65-79 | <---------- 21 - 35 (5) ----------> | | | | | | | | |
| III | Cemento d'altoforno | III/A | 35-64 | 35-65 | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| | | III/B | 20-34 | 66-80 | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| | | III/C | 5-19 | 81-95 | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 |
| IV | Cemento pozzolanico | IV/A | 65-89 | | <----------11-35----------> | | | | | - | - | 0-5 |
| | | IV/B | 45-64 | | <----------36-55----------> | | | | | - | - | 0-5 |
| V | Cemento composito | V/A | 40-64 | 18-30 | - | <----------18-30----------> | | | | - | - | 0-5 |
| | | V/B | 20-39 | 31-50 | - | <----------31-50----------> | | | | - | - | 0-5 |

1:i valori del prospetto si riferiscono al nucleo del cemento escludendo solfato di calcio e gli additivi
2:i costituenti secondari possono essere filler oppure uno o più costituenti principali sempre che questi non siano inclusi come costituenti principali nel cemento
3:la proporzione di microsilice è limitata al 10%
4:la proporzione di loppa non ferrosa limitata al 15%
5:la proporzione di filler è limitata al 5%

| UNI 9156 | | | |
|---|---|---|---|
| Cementi resistenti ai solfati | | | |
| Tipo di cemento | Classi di resistenza ai solfati | | |
| | Moderata (1) | Alta | Altissima |
| I | $C_3A \leq 8\%$ e $SO_3 \leq 3{,}5\%$<br>$C_3A \leq 10\%$ e $SO_3 \leq 3{,}0\%$ | $C_3A \leq 3\%$ e $SO_3 \leq 3{,}5\%$<br>$C_3A \leq 5\%$ e $SO_3 \leq 3{,}0\%$ | $C_3A = 0\%$ e<br>$C_4AF$ o $(C_4AF + C_2F) \leq 20\%$ |
| II/A-S | | | |
| II/B-S | | | |
| II/A-D | | | |
| II/A-P | | | |
| II/A-V | | | |
| II/A-L | | | |
| II/B-L | | | |
| II/A-M | | | |
| II/A-W | | | |
| II/A-T | | | |
| II/B-P | Pozzolanicità (2) | Pozzolanicità (2) e $C_3A \leq 6\%$ | Pozzolanicità (2) e $C_3A \leq 3\%$ |
| II/B-V | | | |
| II/B-W | | | |
| II/B-T | | | |
| II/B-M | Pozzolanicità (2) o $C_3A \leq 8\%$ e $SO_3 \leq 3{,}5\%$<br>$C_3A \leq 10\%$ e $SO_3 \leq 3{,}0\%$ | Pozzolanicità (2) e $C_3A \leq 3\%$ e $SO_3 \leq 3{,}5\%$<br>$C_3A \leq 5\%$ e $SO_3 \leq 3{,}0\%$ | Pozzolanicità (2) e $C_3A = 0\%$ |
| III/A | Nessuna prescrizione | $C_3A \leq 3\%$ e $SO_3 \leq 3{,}5\%$<br>$C_3A \leq 5\%$ e $SO_3 \leq 3{,}0\%$ | $C_3A = 0\%$ e<br>$C_4AF$ o $(C_4AF + C_2F) \leq 20\%$ |
| III/B | Nessuna prescrizione | Nessuna prescrizione | $C_3A \leq 2\%$ |
| III/C | | | |
| IV/A | Nessuna prescrizione | $C_3A \leq 6\%$ | $C_3A \leq 3.5\%$ |
| IV/B | Nessuna prescrizione | Nessuna prescrizione | $C_3A \leq 3.5\%$ |
| V/A | Nessuna prescrizione | $C_3A \leq 3\%$ e $SO_3 \leq 3{,}5\%$<br>$C_3A \leq 5\%$ e $SO_3 \leq 3{,}0\%$ | Pozzolanicità (2) e $C_3A \leq 3\%$ |
| V/B | Nessuna prescrizione | Nessuna prescrizione | Pozzolanicità (2) e $C_3A \leq 3\%$ |

1: La classe "moderata" di resistenza ai solfati comprende, in particolare, la resistenza all'acqua di mare

2: La pozzolanicità è positiva se il cemento soddisfa il saggio secondo quanto riportato nella UNI EN 195-5

NOTA: vi sono casi in cui il tenore ottimale di SO3 nel cemento risulta prossimo o maggiore dei limiti specificati nella presente norma. In tali casi se le proprietà del cemento possono essere migliorate superando i limiti di SO3 specificati nel prospetto, è consentito superarli purché si accerti che applicando il metodo ASTM C 1038 il cemento non sviluppi espansione in

acqua maggiore dello 0.020% alla scadenza di 14 giorni. Qualora il produttore consegni un cemento con queste caratteristiche deve, su richiesta, fornire la documentazione di supporto.

| UNI 9606 | | | |
|---|---|---|---|
| Cementi resistenti al dilavamento | | | |
| Tipo di cemento | Classi di resistenza al dilavamento | | |
| | Moderata | Alta | Altissima |
| I | $C_3S \leq 40\%$ | Non ammesso | Non ammesso |
| II/A-S | | | |
| II/B-S | | | |
| II/A-L | | | |
| II/B-L | | | |
| II/A-M | | | |
| II/B-M | | | |
| II/A-D | $C_3S \leq 40\%$ | Pozzolanicità e $C_3S \leq 45\%$ | Non ammesso |
| II/A-P | | | |
| II/A-V | | | |
| II/A-W | | | |
| II/A-T | | | |
| II/B-P | Nessuna prescrizione | Pozzolanicità e $C_3S \leq 45\%$ | Pozzolanicità e $C_3S \leq 37\%$ |
| II/B-V | | | |
| II/B-W | | | |
| II/B-T | | | |
| III/A | Nessuna prescrizione | $C_3S \leq 30\%$ | $C_3S \leq 25\%$ e RBC $\geq 50\%$ |
| III/B | Nessuna prescrizione | Nessuna prescrizione | $C_3S \leq 20\%$ |
| III/C | Nessuna prescrizione | Nessuna prescrizione | Nessuna prescrizione |
| IV/A<br>IV/B | Nessuna prescrizione | Nessuna prescrizione | $C_3S \leq 45\%$ |
| V/A | Nessuna prescrizione | Pozzolanicità o $C_3S \leq 30\%$ | Pozzolanicità e $C_3S \leq 30\%$ |
| V/B | Nessuna prescrizione | Nessuna prescrizione | Pozzolanicità |

La pozzolanicità è positiva se il cemento soddisfa il saggio secondo quanto riportato nella UNI EN-195-5

## 12.13. APPENDICE 2: RIFERIMENTI NORMATIVI

Le Norme richiamate nel testo sono numerate.

### 12.13.1. Leggi, D.M., Circolari sulle Opere in calcestruzzo

**a) <u>Strutture</u>**

**[1] Legge 5 novembre 1971, n. 1086**

Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale precompresso ed a struttura metallica.

**Circolare Min. LL.PP. 31 luglio 1979, n. 19581**

Legge 5/11/1971 n. 1086, art. 7 Collaudo statico.

**Circolare Min. LL.PP. 23 ottobre 1979, n. 19777**

Competenza amministrativa - Legge 5/11/1971 n. 1086, Legge 2/2/1974, n° 64.
**Circolare Ministero Lavori Pubblici 1 settembre 1987, n. 29010**
Legge 5 novembre 1971, n. 1086 - Decreto Ministeriale 27 luglio 1985, Controllo dei materiali in genere e degli acciai per cemento armato normale in particolare.

Circolare Min. LL.PP. 16 luglio 1992, n. 36105 - Legge 5/11/1971 n. 1086 - D.M. 14/2/1992 - Acciai per cemento armato e da carpenteria.
**[25] Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008**
Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.
**[2] Linee Guida per il calcestruzzo strutturale**
Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici
**b) <u>Sismica</u>**
**Legge 2 febbraio 1974, N. 64**
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
**Decreto Ministeriale 16 gennaio 1996**
Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
**Circolare Min. LL.PP. 19 luglio 1986 n° 27690**
Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche sulle costruzioni sismiche.
**c) <u>Prefabbricati</u>**
**[35] Decreto Ministeriale 3 dicembre 1987, n. 39**
Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.
**Circolare Min. LL.PP. 16 marzo 1989 n° 31104**
Istruzioni in merito alle Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.
**d) <u>Varie</u>**
**DPR 12 agosto 1982 n. 802**
Attuazione della direttiva (CEE) n. 80/181 relativa alle unità di misura.
**CNR - UNI 10003 - Sistema di unità di misura (S.I.)**
**Circolare Min. LL.PP. 29 ottobre 1987, n. 29233**
Legge 5 novembre 1971, n. 1086, art. 20 - Autorizzazioni laboratori per prove sui materiali.

### 12.13.2. Prescrizioni e Metodologie di Prova delle materie prime impiegate nel confezionamento del Calcestruzzo

**a1 <u>Cementi</u>**
**[8] Legge 26 maggio 1965 n. 595**
Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici.
**[11] Decreto Ministeriale 13 settembre 1993 - G.U. 22/9/93**
Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi.
**Decreto Ministeriale 31 agosto 1972**
Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calci idrauliche.
**[10] Decreto Ministeriale 9 marzo 1988, n. 126**
Regolamento del servizio di controllo e certificazione di qualità dei cementi.

| | |
|---|---|
| E07.02.011.0 | Cementi a ridotto calore di idratazione - Classificazioni e limiti (progetto in inchiesta pubblica) |
| UNI 7208 | Determinazione del calore di idratazione col metodo per soluzione |
| **[6 ]**UNI 9156 | Cementi resistenti ai solfati - classificazione e composizione e f.a. 262 dell'11/88 |
| **[5]**UNI 9606 | Cementi resistenti al dilavamento - Classificazione e composizione |
| **[9]**UNI 9607 | Cementi resistenti ai solfati - Metodi di controllo della composizione<br>Parte 1a - Preparazione del campione per l'analisi chimica<br>Parte 2a - Determinazione dell'alluminato tricalcico ($C_3A$) e alluminato ferrito tetracalcico ($C_4AF$) contenuti nei cementi portland<br>Parte 3a - Determinazione dell'alluminato tricalcico ($C_3A$) contenuto nei cementi pozzolanici<br>Parte 4a - Determinazione della loppa e dell'alluminato tricalcico (C3A) contenuto nei cementi d'altoforno |
| UNI 9943 | Cementi resistenti al dilavamento - Metodi di controllo della composizione<br>Parte 1a - Preparazione del campione per l'analisi chimica<br>Parte 2a - Determinazione del silicato tricalcico (C3S)<br>Parte 3a - Saggio di pozzolanicità a 8 giorni sui cementi pozzolanici<br>Parte 4a - Determinazione del contenuto di loppa nei cementi d'altoforno |
| **[15]**UNI EN 196 | Metodi di prova dei cementi<br>Parte 1a - Determinazione delle resistenze meccaniche<br>Parte 2a - Analisi chimica dei cementi<br>Parte 3a - Determinazione del tempo di presa e della stabilità<br>Parte 4a - Determinazione quantitativa dei componenti<br>Parte 5a - Prova di pozzolanicità dei cementi pozzolanici<br>Parte 6a - Determinazione della finezza<br>Parte 7a - Metodi di prelievo e di campionatura del cemento<br>Parte 21a - Determinazione del contenuto di cloruri, anidride carbonica e alcali nel cemento |
| **[7]**UNI EN 197/1:2006 | Cemento - Composizione, specifiche e Criteri di conformità |

**a2** **<u>Calci aeree</u>**

| | |
|---|---|
| UNI 10319 | Calci aeree - Terminologia |
| UNI 10320 | Calce aerea per uso chimico - Determinazione del contenuto di calce disponibile |
| UNI 10321 | Calce aerea per uso chimico - Determinazione della reattivitá mediante spegnimento in acqua. |

**a3** **<u>Gessi</u>**

| | |
|---|---|
| UNI 5371 | Pietra di gesso per la fabbricazione dei leganti - Classificazione, prescrizioni e prove |
| UNI 8376 | Leganti a base di solfato di calcio - Definizione e classificazione |
| UNI 8377 | Leganti a base di solfato di calcio per l'edilizia - Gessi per intonaco (scagliola) - Requisiti e prove |

- **<u>Acqua</u>**

  **[12]**UNI EN1008 Acqua per calcestruzzo

- **<u>Aggregati</u>**

  **[13]**UNI 8520 Aggregati per confezione di calcestruzzi
  Parte 1a Definizione, classificazione e caratteristiche
  Parte 2a Limiti di accettazione
  Parte 3a Campionamento
  Parte 4aEsame petrografico
  Parte 5a Analisi gronulometrica
  Parte 6a Determinazione della massa volumica apparente
  Parte 7a Determinazione del passante allo staccio 0,075
  Parte 8aDeterminazione del contenuto di grumi di argilla e particelle friabili
  Parte 9a Determinazione del contenuto di particelle leggere e frustoli vegetali
  Parte 10a Determinazione della degradabilità mediante solfati
  Parte 11a Determinazione del contenuto di solfati
  Parte 12aDeterminazione del contenuto di cloruri solubili in acqua
  Parte 13aDeterminazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati fini
  Parte 14aDeterminazione colorimetrica del contenuto di sostanze organiche negli aggregati fini
  Parte 15aDeterminazione dell'equivalente in sabbia e del fattore di blu negli aggregati fini
  Parte 16aDeterminazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati grossi (metodi della pesata idrostatica e del cilindro)
  Parte 17aDeterminazione della resistenza a compressione degli aggregati grossi
  Parte 18aDeterminazione dei coefficienti di forma e di appiattimento
  Parte 19aDeterminazione della perdita di massa degli aggregati grossi
  Parte 20aDeterminazione della sensibilità al gelo e disgelo degli aggregati grossi
  Parte 21aConfronto con calcestruzzo con aggregati di caratteristiche note
  Parte 22aDeterminazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali

  UNI 7549 Aggregati leggeri
  Parte 1a Definizione, classificazione e pezzatura
  Parte 2aIdentificazione visuale degli scisti e delle argille espanse
  Parte 3a Analisi granulometrica

Parte 4a Determinazione della massa volumica del materiale in mucchio
Parte 5a Determinazione della massa volumica media del granulo
Parte 6a Determinazione del coefficiente di imbibizione
Parte 7a Determinazione della resistenza dei granuli allo schiacciamento
Parte 8a Determinazione del potere macchiante
Parte 9a Determinazione della perdita al fuoco
Parte 10a Determinazione della resistenza al gelo
Parte 11a Determinazione della stabilità al trattamento a vapore
Parte 12aValutazione delle proprietà mediante prove su calcestruzzo convenzionale

- **Additivi per impasti cementiti**

| | |
|---|---|
| **[37]**UNI 7101 | Definizione e classificazione |
| UNI 7102 | Additivi fluidificanti - Idoneità e relativi metodi di controllo |
| **[27]**UNI 7103 | Additivi aeranti - Idoneità e relativi metodi di controllo |
| UNI 7104 | Additivi ritardanti - Idoneità e relativi metodi di controllo |
| UNI 7105 | Additivi acceleranti - Idoneità e relativi metodi di controllo |
| UNI 7106 | Additivi fluidificanti-aeranti - Idoneità e relativi metodi di controllo |
| UNI 7107 | Additivi fluidificanti-ritardanti - Idoneità e relativi metodi di controllo |
| UNI 7108 | Additivi fluidificanti-acceleranti. Idoneità e relativi metodi di controllo |
| UNI 7109 | Additivi antigelo. Idoneità e relativi metodi di controllo |
| UNI 7110 | Determinazione della solubilità in acqua distillata ed in acqua satura di calce |
| UNI 7111 | Determinazione del tenore di sostanza secca |
| UNI 7112 | Determinazione delle sostanze zuccherine riducenti |
| UNI 7114 | Determinazione del potere schiumogeno degli additivi aeranti e fluidifican-ti aeranti |
| UNI 7115 | Determinazione della densità degli additivi liquidi o in soluzione |
| UNI 7116 | Determinazione dell'alcalinità totale |
| UNI 7117 | Determinazione della tensione superficiale di soluzioni contenenti additivi |
| UNI 7118 | Determinazione della concentrazione idrogenionica (pH) di soluzioni contenenti additivi |
| UNI 7119 | Determinazione del cloro |
| UNI 7120 | Determinazione dei tempi di inizio e fine presa delle paste cementizie contenenti additivi antigelo |
| UNI 8145 | Additivi superfluidificanti - Idoneità e relativi metodi di controllo |

- **Aggiunte**

| | |
|---|---|
| **[14]**UNI EN 450 | Ceneri volanti per calcestruzzo - Definizioni, requisiti e controllo di qualità |

| | |
|---|---|
| **[16]**UNI EN 451/1 | Metodo di prova delle ceneri volanti - Determinazione del contenuto di ossido di calcio libero |
| **[17]**UNI EN 451/2 | Metodo di prova delle ceneri volanti - Determinazione della finezza con stacciatura umida |

- **Agenti espansivi non metallici per impasti cementiti**

| | |
|---|---|
| UNI 8146 | Idoneità e relativi metodi di controllo |
| UNI 8147 | Determinazione dell'espansione contrastata della malta contenente l'agente espansivo |
| UNI 8148 | Determinazione dell'espansione contrastata del calcestruzzo contenente l'agente espansivo |
| UNI 8149 | Determinazione della massa volumica |

- **Prodotti disarmanti per calcestruzzi**

| | |
|---|---|
| **[18]**UNI 8866 | Prodotti disarmanti per calcestruzzi<br>Parte 1ª Definizione e classificazione<br>Parte 2ª Prova dell'effetto disarmante alla temperatura di 20 e 80°C. su superfici di acciaio o di legno trattato |

- **Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante maturazione**

| | |
|---|---|
| UNI 8656 | Classificazione e requisiti |
| UNI 8657 | Determinazione della ritenzione d'acqua |
| UNI 8658 | Determinazione del tempo di essicamento |
| UNI 8659 | Determinazione del fattore di riflessione dei prodotti filmogeni pigmentati di bianco |
| UNI 8660 | Determinazione dell'influenza esercitata dai prodotti filmogeni sulla resistenza all'abrasione del calcestruzzo |

### 12.13.3. Metodologie di prova per malte Cementizie

**3a** **Malte normali**

| | |
|---|---|
| UNI 6009 | Stampo per la preparazione providi da 4 x 4 x 16 cm di malta plastica - Complessivo e parti componenti |
| UNI 6010 | Stampo, copristampo e cuscinetto per la preparazione provini di malta buttata per prove di resistenza a compressione |
| UNI 6011 | Stampo, copristampo e cuscinetto per la preparazione provini di malta buttata per prove di resistenza a trazione |
| UNI 6687 | Determinazione del ritiro idraulico |
| UNI 7044 | Determinazione della consistenza mediante l'impiego della tavola a scosse |
| UNI 7121 | Determinazione del contenuto d'aria |
| UNI 7927 | Determinazione della resistenza alla penetrazione e dei tempi di inizio e fine presa |

**3b** **Malte e malte espansive per ancoraggi**

| | |
|---|---|
| UNI 8993 | Definizione e classificazione |
| UNI 8994 | Controllo di idoneità |
| UNI 8995 | Determinazione della massa volumica della malta fresca |
| UNI 8996 | Determinazione dell'espansione libera in fase plastica |

| | |
|---|---|
| UNI 8997 | Determinazione della consistenza mediante canaletta su malte superfluide |
| UNI 8998 | Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata |

### 12.13.4. Metodologie di prova per Malte Calcestruzzi

| | |
|---|---|
| **[4]**UNI EN 206-1:2006 | Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità; |
| **[5]**UNI 11104:2004 | Calcestruzzo- Specificazione, prestazione, produzione e conformità- Istruzioni complementari per l'applicazione della UNI EN 206-1 |
| E07.00.129.0 | Calcestruzzo rinforzato con fibre metalliche - Definizione, caratteristiche e metodi di controllo (contiene anche calcestruzzi proiettati) |

**a) <u>Calcestruzzo fresco</u>**

| | |
|---|---|
| UNI 6126 | Prelevamento di campioni in cantiere |
| UNI 6127 | Preparazione e stagionatura dei provini di calcestruzzo |
| UNI 6128 | Confezione in laboratorio di calcestruzzi sperimentali |
| **[19]**UNI 6393 | Controllo della composizione del calcestruzzo fresco |
| **[46]**UNI 6394/1 | Determinazione della massa volumica su cls fresco |
| **[28]**UNI 6395 | Determinazione volumetrica per pressione del contenuto d'aria |
| UNI 6555 | Determinazione del ritiro idraulico su calcestruzzi confezionati con inerti della dimensione massima fino a 30 mm |
| UNI 7086 | Determinazione del ritiro idraulico su calcestruzzi confezionati con inerti con dimensione massima oltre 30 mm |
| **[22]**UNI 7122 | Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata |
| UNI 7123 | Determinazione dei tempi di inizio e fine presa mediante la misura della resistenza alla penetrazione |
| **[31]**UNI 8020 | Determinazione della consistenza del calcestruzzo fresco mediante l'impiego della tavola a scosse |
| **[33]**UNI 9416 | Criteri generali di campionamento |
| UNI 9417 | Classificazione della consistenza |
| **[20]**UNI 9418 | Determinazione della consistenza-Prova di abbassamento al cono-slump |
| **[21]**UNI 9419 | Determinazione della consistenza - Prova Vèbè |
| UNI 9420 | Determinazione della consistenza - Indice di compattabilità |

**b) <u>Calcestruzzo indurito</u>**

| | |
|---|---|
| UNI 6130 | Provini in calcestruzzo per prove di resistenza meccanica<br>Parte 1a Forme e dimensioni dei provini<br>Parte 2a Casseforme per il confezionamento dei provini |
| **[40]**UNI 6131 | Prelevamento campioni di calcestruzzo indurito |
| **[41]**UNI 6132 | Prove di resistenza alla compressione |
| UNI 6133 | Prove di resistenza alla flessione |
| UNI 6134 | Prove di resistenza alla compressione su monconi di provini rotti per flessione |

| | |
|---|---|
| UNI 6135 | Prove di resistenza alla trazione |
| **[30]**UNI 6394/2 | Determinazione della massa volumica sul cls indurito |
| UNI 6505 | Determinazione del contenuto di cemento (metodo Florentin) |
| UNI 6555 | Determinazione del ritiro idraulico su calcestruzzi confezionati con inerti della dimensione massima fino a 30 mm |
| **[45]**UNI 6556 | Determinazione del modulo elastico secante a compressione |
| **[29]**UNI 7087 | Determinazione della resistenza alla degradazione per cicli di gelo e disgelo |
| UNI 7548/1 | Calcestruzzo leggero - Definizione e classificazione |
| UNI 7548/2 | Calcestruzzo leggero - Determinazione della massa volumica |
| UNI 7699 | Determinazione dell'assorbimento d'acqua alla pressione atmosferica |
| E07.04.113.0 | Calcestruzzo indurito - Determinazione della profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione (Progetto in inchiesta pubblica) (Sostituisce UNI 7928 e UNI 8019) |
| UNI 9189 | Determinazione dell'indice sclerometrico |
| UNI 9502 | Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso |
| UNI 9524 | Calcestruzzo indurito - Rilievi microsismici mediante impulsi d'onde vibrazionali ad alta frequenza, in campioni o strutture di calcestruzzo semplice, armato o precompresso |
| UNI 9525 | Calcestruzzo - Determinazione dell'assorbimento di acqua per immersione sotto vuoto |
| UNI 9526 | Calcestruzzo - Determinazione dell'assorbimento di acqua per capillarità |
| UNI 9536 | Calcestruzzo indurito - Determinazione della forza di estrazione con inserti preinglobati nel getto |
| UNI 9771 | Calcestruzzo indurito - Determinazione della frequenza fondamentale di risonanza flessionale, estensionale e torsionale |
| UNI 10157 | Determinazione della forza di estrazione mediante inserti post-inseriti a estrazione geometrica e forzata |
| CNR-UNI 10020 | Prove di aderenza su barre di acciaio ad aderenza migliorata |

**c) <u>Corrosione e protezione dell'armatura</u>**

| | |
|---|---|
| UNI 9535 | Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo - Determinazione del potenziale dei ferri di armatura |
| UNI 9747 | Corrosione delle armature del calcestruzzo in condizioni di aggressione - Metodi di intervento e prevenzione |
| UNI 9944 | Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo - Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloro nel calcestruzzo |
| UNI 10174 | Istruzione per l'ispezione delle strutture di cemento armato esposte all'atmosfera mediante mappatura di potenziale. |

| | |
|---|---|
| UNI 10322 | Corrosione delle armature delle strutture di calcestruzzo - Metodo per la determinazione del grado di protezione del calcestruzzo nei confronti dell'armatura |

**d) <u>Macchine per prove di compressione su materiali da costruzione</u>**

| | |
|---|---|
| UNI 6686-1 | Definizione, requisiti meccanici e funzionali - Classificazione |
| UNI 6686-2 | Verifiche di taratura |
| UNI 6686-3 | Verifica di comportamento in fase di carico |

### 12.13.5. Durabilità delle Opere e Manufatti di Calcestruzzo

| | |
|---|---|
| **[23]**UNI 8981 | Durabilità delle opere e manufatti di calcestruzzo<br>Parte 1a - Definizioni ed elenco delle azioni aggressive<br>Parte 2a - Istruzioni per migliorare la resistenza ai solfati<br>Parte 3a - Istruzioni per migliorare la resistenza alle acque dilavanti<br>Parte 4a - Istruzioni per migliorare la resistenza al gelo e disgelo<br>Parte 5a - Istruzioni per migliorare la resistenza alla corrosione delle armature<br>Parte 6a - Istruzioni per migliorare la resistenza all'acqua di mare<br>Parte 7a - Istruzioni per la progettazione, la confezione e messa in opera del calcestruzzo<br>Parte 8a - Istruzioni per migliorare la resistenza alla reazione alcali-aggregati (In preparazione) |

### 12.13.6. Strumenti Dosatori

**DPR 12 novembre 1958 n° 1213 (G.U. 28 gennaio, n° 22)**
Modificazioni ed aggiunte al regolamento per la fabbricazione dei pesi, delle misure e degli strumenti per pesare e misurare - approvato con R.D. 12 giugno 1902, n° 226

**D.M. 5 settembre 1969 (G.U. 27 settembre, n° 246)**
Norme per l'ammissione alla verificazione metrica ed alla legalizzazione degli strumenti per pesare di tipo speciale, a funzionamento automatico e non, genericamente denominati "bilance per centrali di betonaggio", destinati ad essere inseriti in apparecchiature per la fabbricazione del calcestruzzo

**D.M. 25 giugno 1984 (G.U. 30 giugno, n° 179)**
Disposizione sugli strumenti per pesare a funzionamento non automatico

### 12.13.7. Piani di campionamento e criteri di conformità

| | |
|---|---|
| UNI CEI EN 45011 | Criteri generali per gli organismi di certificazione dei prodotti |
| UNI CEI EN 45014 | Criteri generali per la dichiarazione di conformità rilasciata dal fornitore |

# 13. OPERE DI DIFESA

## 13.1. RIVESTIMENTI DI SCARPATE CON GEOSTUOIE ANTIEROSIVA

### 13.1.1. Generalità

La geostuoia verrà utilizzata per la protezione delle scarpate contro l'erosione del terreno, ed è costituita da un monofilamento in polipropilene intrecciati e legati a caldo stabilizzati ai raggi UV, con o senza griglia di rinforzo, in modo da creare una stuoia antierosione di lunga durata, flessibile, resistente e compatibile con l'ambiente.
La sua struttura presenta un elevatissimo contenuto di vuoti, rinforza lo strato superficiale di terreno prevenendo in questo modo l'erosione superficiale dei pendii e offrono un supporto permanente allo strato superficiale di terreno e alla vegetazione.
Esse proteggono a lungo tutti i tipi di scarpata. Sin dalla prima fase della crescita delle radici della vegetazione superficiale, offrono un adeguato supporto allo strato superficiale di riporto. Le radici ed i monofilamenti creano uno strato rinforzato in grado di poter sopportare anche elevate azioni erosive.
I benefici delle geistuoie possono essere così riassunti:
- rapida crescita della vegetazione in pendii ripidi;
- controllo del fenomeno di erosione sin dalle prime fasi;
- velocità e facilità d'installazione;
- massima compatibilità con l'ambiente.

La stuoia in monofilamento può essere del tipo rinforzata con una geogriglia perciò su pendii lunghi e ripidi (> 30°) la stabilità del pendio stesso viene incrementata attraverso la possibilità di assorbire maggiori forze di trazione.
Le geostuoie andranno posate dove espressamente indicato dai disegni di progetto e secondo le modalità previste dalle schede tecniche del prodotto, che prima della sua applicazione dovrà essere sottoposto ad approvazione da parte della DL.

### 13.1.2. Caratteristiche dei materiali

La geostuoia antierosione è costituita da una struttura tridimensionale aperta con un indice di vuoti estremamente alto di filamenti di polipropilene intrecciati e legati a caldo stabilizzati ai raggi UV, con o senza griglia di rinforzo, tali da creare una stuoia antierosione di lunga durata, flessibile, resistente e compatibile con l'ambiente. Si tratta di una stuoia non biodegradabile che aiuta e favorisce la crescita della vegetazione.

Tipo di prodotto:
- A) Stuoia a monofilamenti
- B) Stuoia a monofilamenti con griglia di rinforzo

| | |
|---|---|
| Materiale dei monofilamenti | - 100% polipropiliene stabilizzato UV |
| Materiale della griglia di rinforzo | - PP PET filato e rivestito |

**Proprietà**

| | | | (A) | (B) |
|---|---|---|---|---|
| Spessore (2 kPa) [EN ISO 9863-1] | mm | 20 | 20 | 20 |
| Resistenza a trazione (long.) | kN/m | 1.8 | 10 | 30 |
| Allungamento [EN ISO 10319] | % | 150 | 30 | 25 |
| Resistenza a trazione (trasv.). | kN/m | 1.0 | 10 | 30 |
| Allungamento [EN ISO 10319 | % | 95 | 30 | 25 |
| Massa areica [EN ISO 9864] | g/m² | 550 | 600 | 630 |
| Indice dei vuoti | % | 90 | 90 | 90 |

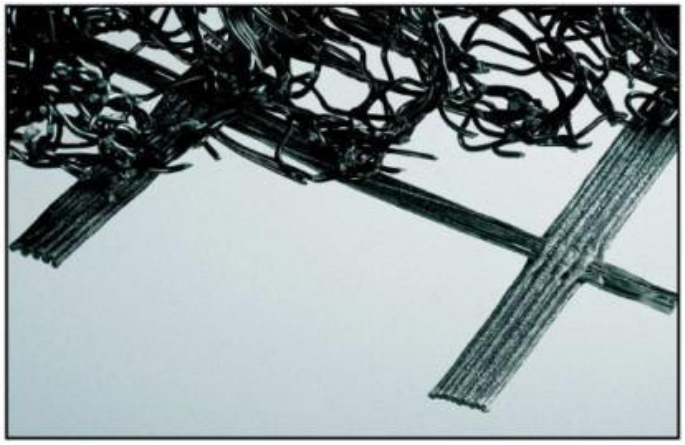


***Figura 1- geostuioia con griglia di rinforzo***

La geostuoia può essere posata sul terreno seminato o, in alternativa, la stuoia può essere riempita con terreno e semi.
La geostuoia ha un peso elevato in modo da facilitare l'ancoraggio e non venire sollevata dal vento.
I picchetti di ancoraggio, nella quantità richiesta, andranno posizionati all'interno della stuoia, lungo i bordi e le sovrapposizioni. Le sovrapposizioni devono essere di circa 100 mm e, lungo i canali, la stuoia di monte deve sovrapporsi a quella di valle.
Dovrà avere bassa infiammabilità e bassa produzione di fumo; dovrà inoltre essere imputrescibile ed atossica.
Le caratteristiche meccaniche della geostuoia dovranno essere documentate con un certificato ufficiale tipo BBA, che dovrà riportare, fra l'altro, la curva di creep e i coefficienti di sicurezza per una durata di 120 anni.

### 13.1.3. Modalità esecutive

Il terreno di posa dovrà essere livellato e liberato da vegetazione, radici, pietre e in generale oggetti appuntiti o sporgenti.

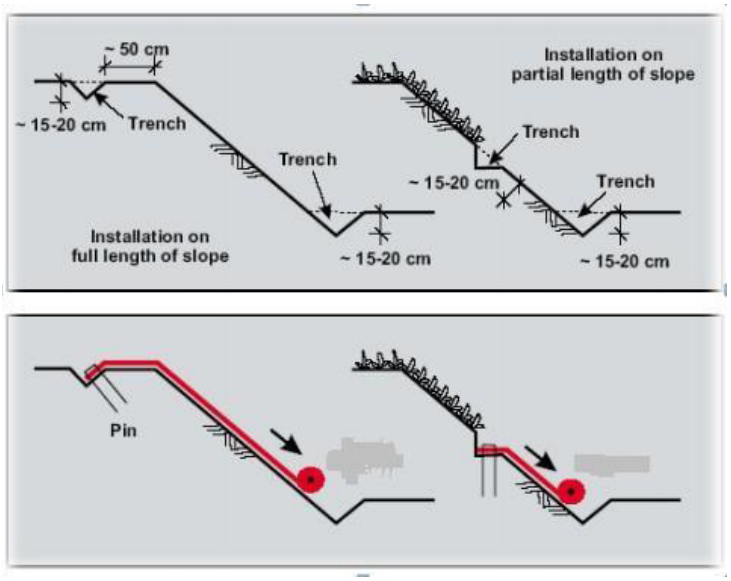



***Figura 2 - posa geostuoia***

La geostuoia anti-erosione, dopo essere stata bloccata con dei cavallotti posizionati ogni 50 cm di larghezza (è consigliato, dove possibile, realizzare anche una trincea di ancoraggio a monte della scarpata) viene srotolata dall'alto (i rotoli adiacenti possono essere sormontati di circa 5 cm) e resa solidale al terreno sottostante attraverso l'utilizzo di ferri piegati a U disposti sulla superficie con spaziatura regolare (avente densità funzione del tipo di terreno e dell'inclinazione della scarpata). I ferri dovrebbero avere diametro pari a 8 mm, lunghezza di ancoraggio pari ad almeno 30 cm (in taluni casi è necessario arrivare fino a 50 cm e dovrebbero presentare una superficie scabra (ferri ad aderenza migliorata), salvo diversa indicazione da parte del fornitore.
E' sconsigliato camminare direttamente sulla geostuoia, per effettuare tutte le operazioni sopra citate ci si può avvalere di una scala così come mostrato nelle illustrazioni.

***Figura 3 - posizionamento scala***

Qualora previsto, il ricoprimento della geostuoia deve partire dall'alto della scarpata, dovrebbe essere regolare e con uno spessore di circa 3-5 cm (lo spessore del terreno di ricoprimento non deve superare i 10 cm perché sui centimetri eccedenti si rischia di perdere la funzione antierosiva della geostuoia). Una volta steso il terreno di ricopertura si potrebbe procedere con una leggera

compattazione e con l'idrosemina (o con la semina manuale).

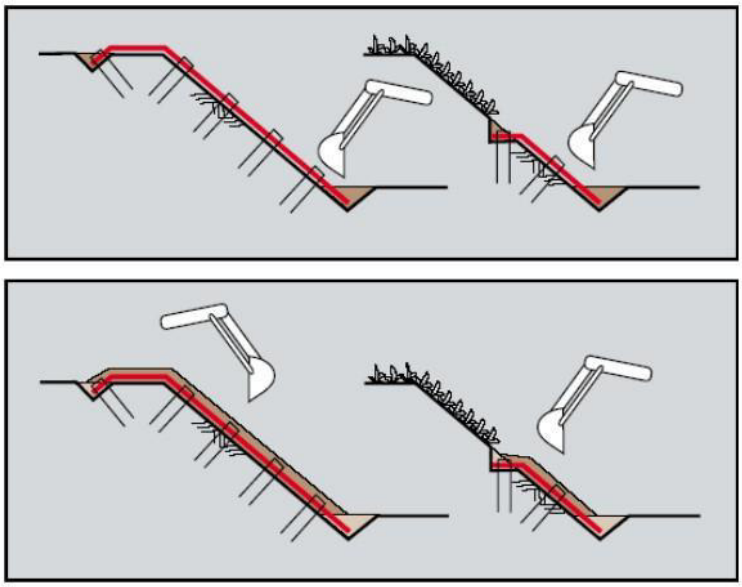


*Figura 4 - eventuale ricopertura e compattazione*

### 13.1.4. Prove di accettazione e controllo

L'Appaltatore, prima dell'inizio dei lavori, dovrà presentare all'Ufficio di Direzione Lavori i certificati rilasciati dal Fornitore che attestino i quantitativi acquistati e la rispondenza del materiale ai requisiti sopra indicati ed alle prescrizioni progettuali. Prima dell'esecuzione dei lavori l'Ufficio di Direzione Lavori verificherà comunque la rispondenza del materiale ai requisiti prescritti, prelevando dei campioni di materiale in quantità tale da poter effettuare almeno una serie di prove di controllo ogni 1000 metri quadrati di telo da posare e almeno una per quantità globale inferiore. Se i risultati delle prove di laboratorio non rispetteranno i limiti prescritti, il materiale cui la prova si riferisce verrà scartato.
Di tutte le operazioni di controllo, di prelievo e di verifica verranno redatti appositi verbali firmati in contraddittorio con l'APPALTATORE.

## 13.2. FORMAZIONE DI DRENAGGI

### 13.2.1. Generalità

In questo capitolo sono descritti i lavori occorrenti per la formazione di drenaggi, quali riempimenti a tergo di strutture, realizzazione di canali/trincee drenanti.
Qualora in tali lavori si rendesse necessario l'utilizzo di teli in "tessuto non tessuto", per le relative specifiche si veda il paragrafo sui geosintetici.

### 13.2.2. Drenaggi in generale

#### 13.2.2.1. Caratteristiche dei materiali

Per drenaggi da eseguirsi a tergo di strutture o per la realizzazione di canali/trincee drenanti, si

impiegheranno materiali aridi costituiti da ciottoli o pietrame di cava: il materiale dovrà essere compatto ed uniforme, sano e di buona resistenza a compressione, privo di parti alterate, pulito ed esente da materie eterogenee. Le dimensioni del materiale dovranno essere comprese fra i 3 ed i 20 cm, in base alle specifiche prescrizioni di progetto.
Le pietre da impiegare nei drenaggi, dovranno essere sostanzialmente compatte ed uniformi, sane e di buona resistenza alla compressione, prive di parti alterate, si potrà utilizzare il pietrisco derivante dalle operazioni di rinnovamento del binario, previa caratterizzazione e verifica dalla sua reimpiegabilità secondo la normativa vigente.
Dovranno avere forme regolari e dimensioni adatte al loro particolare impiego.

13.2.2.2. Modalità esecutive

Le opere di drenaggio andranno realizzate secondo le prescrizioni riportate nei disegni di progetto; i riempimenti a tergo di strutture avranno uno spessore minimo di 50 cm e saranno posti in opera quando tali strutture si saranno ben consolidate. Lo scavo per la formazione dei drenaggi sarà condotto con le modalità e le prescrizioni riportate nel Cap. 4 - "Movimenti di terra".
Lo scavo dovrà essere necessariamente eseguito a secco, provvedendo al suo immediato riempimento con il materiale drenante. Nei casi in cui la coesione del terreno non sia tale da garantire la stabilità dello scavo, potranno essere utilizzati fanghi biodegradabili, ovvero opere di sbadacchiatura. Le pareti dello scavo saranno di norma rivestite con un foglio di geotessile le cui caratteristiche saranno stabilite dal progettista, in relazione alla granulometria del terreno naturale e del materiale di riempimento. Di norma il geotessile deve essere prodotto utilizzando poliestere insensibile ai raggi ultravioletti, alla aggressione salina e non putrescibile. Il processo meccanico di produzione deve prevedere la legatura dei filamenti (agugliatura), senza aggiunta di leganti.

13.2.2.3. Prove di accettazione e controllo

Prima dell'inizio dei lavori l'APPALTATORE presenterà alla D.L. dei certificati che attestino le caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale fornito e le cave di provenienza. La Direzione Lavori, accertata la bontà del materiale e la corrispondenza delle caratteristiche alle prescrizioni progettuali, provvederà a stilare un apposito verbale di accettazione.
Durante l'esecuzione dei lavori la D.L. preleverà dei campioni del materiale fornito (uno ogni 100 $m^3$ di fornitura) e lo invierà a laboratori ufficiali per l'esecuzione delle prove necessarie per verificare la rispondenza a quanto dichiarato. Le prove di laboratorio per le operazioni di controllo sono a carico dell'APPALTATORE.
Le prove relative alla determinazione delle caratteristiche fisiche del pietrame (determinazione del peso specifico, del coefficiente di imbibizione e della gelività) saranno effettuate seguendo quanto riportato al Capo II delle "Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione" di cui al R.D. 16 novembre 1939, n° 2232; per le prove di resistenza meccanica (resistenza alla compressione e all'usura per attrito radente), si farà riferimento al Capo III della stessa normativa.
Di tutte le operazioni di controllo, di prelievo e di verifica verranno redatti appositi verbali firmati in contraddittorio con l'APPALTATORE.

## 13.3. GEOSINTETICI

### 13.3.1. Generalità

I geotessili in tessuto non tessuto potranno essere usati con funzione di filtro per evitare il passaggio della componente fine del materiale esistente in posto, con funzione di drenaggio, o per migliorare

le caratteristiche di portanza dei terreni di fondazione.
I geotessili andranno posati dove espressamente indicato dai disegni di progetto e previa approvazione da parte della D.L. della conformità del materiale alle previsioni progettuali.

### 13.3.2. Caratteristiche dei materiali

Il geotessile sarà composto da fibre sintetiche in poliestere o in polipropilene, in filamenti continui, coesionate mediante agugliatura meccanica senza impiego di collanti o trattamenti termici, o aggiunta di componenti chimici.
I teli saranno forniti in rotoli. In relazione alle esigenze esecutive ed alle caratteristiche del lavoro, verranno posti in opera geotessili di peso non inferiore a 200 g/m$^2$.
In funzione del peso unitario, i geotessili in poliestere dovranno presentare le seguenti caratteristiche:
Geotessile nontessuto agugliato da fiocco in poliestere, tipo GEOTEX R 200 o equivalente, per la separazione, la protezione, la filtrazione, il rinforzo in applicazioni di ingegneria civile e geotecnica.
Il geotessile dovrà avere una massa areica non inferiore a 200 g/mq (EN 9864), uno spessore sotto 2 kPa non inferiore a 1.0 mm (EN 9863), una resistenza a trazione L/T non inferiore a 1.0/1.0 kN/m (EN ISO 10319), una deformazione a rottura L/T non superiore a 80/90% (EN ISO 10319), una resistenza a punzonamento statico non inferiore a 0.2 kN (EN ISO 12236), un diametro del foro alla prova di punzonamento dinamico non superiore a 45 mm (EN ISO 13433), un diametro di filtrazione $O_{90}$ non superiore a 100 micron (EN ISO 12956), una permeabilità normale al piano non inferiore a 98 l/s*m (EN ISO 11058).
Il geotessile dovrà essere marcato CE in conformità alle norme armonizzate pertinenti all'applicazione cui è destinato il prodotto.
La valutazione della conformità dei dati verrà effettuata tenendo conto dei dati medi indicati in scheda tecnica e delle tolleranze espresse sulle schede di marcatura CE.

| | | |
|---|---|---|
| **CARATTERISTICHE FISICHE** | | |
| Massa areica | g/mq | 200 (EN ISO 9864) |
| Spessore a 2 kPa | mm | 1,00 (EN ISO 9863) |
| **CARATTERISTICHE MECCANICHE** | | |
| Resistenza a trazione longitudinale MD | kN/m | 1,0 (EN ISO 10319) |
| Resistenza a trazione trasversale CMD | kN/m | 1,0 (EN ISO 10319) |
| Allungamento a carico max longitudinale MD | % | 80 (EN ISO 10319) |
| Allungamento a carico max trasversale CMD | % | 90 (EN ISO 10319) |
| Resistenza al punzonamento statico CBR | kN | 0,2 (EN ISO 12236) |
| Perforazione al cone drop test | mm | 45 (EN ISO 13433) |
| **CARATTERISTICHE IDRAULICHE** | | |
| Apertura caratteristica $O_{90}$ | µm | 100 (EN ISO 12956) |
| Permeabilità normale al piano $Vi_H50$ | l/s*mq | 98 (EN ISO 11058) |

L'accettazione del prodotto è subordinata alla presentazione alla DL della scheda tecnica del prodotto, del certificato di conformità CE alla norma indicata, del certificato di qualità aziendale del produttore; la fornitura dovrà essere accompagnata dalla scheda CE del prodotto, dalla dichiarazione di conformità secondo UNI EN ISO 17050.
Il geotessile dovrà essere posato secondo le indicazioni progettuali.
Sono compresi sfridi, sormonti e quanto altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

La superficie del geotessile dovrà essere rugosa ed in grado di garantire un buon angolo di attrito con il terreno. Il geotessile dovrà essere inalterabile a contatto con qualsiasi sostanza e agli agenti atmosferici, imputrescibile, inattaccabile dai microrganismi e dovrà avere ottima stabilità dimensionale.

### 13.3.3. Modalità esecutive

Il terreno di posa dovrà essere il più possibile pulito da oggetti appuntiti o sporgenti, come arbusti, rocce od altri materiali in grado di produrre lacerazioni.
I teli srotolati sul terreno verranno posti in opera mediante cucitura sul bordo fra telo e telo, o con sovrapposizione non inferiore a 30 cm. Il fissaggio sul piano di posa sarà effettuato in corrispondenza dei bordi longitudinali e trasversali con infissione di picchetti di legno della lunghezza di 1,50 metri, a distanza di 1 metro.
Per i tappeti da porre in opera in acqua, L'APPALTATORE dovrà impiegare apposito mezzo natante e saranno a suo carico gli oneri per il materiale di zavorratura.

### 13.3.4. Prove di accettazione e controllo

L'APPALTATORE, prima dell'inizio dei lavori, dovrà presentare all'Ufficio di Direzione Lavori i certificati rilasciati dal costruttore che attestino i quantitativi acquistati dall'APPALTATORE e la rispondenza del materiale ai requisiti sopra indicati ed alle prescrizioni progettuali. Prima dell'esecuzione dei lavori l'Ufficio di Direzione Lavori verificherà comunque la rispondenza del materiale ai requisiti prescritti, prelevando dei campioni di materiale in quantità tale da poter effettuare almeno una serie di prove di controllo ogni 1000 metri quadrati di telo da posare e almeno una per quantità globale inferiore. Se i risultati delle prove di laboratorio non rispetteranno i limiti prescritti, il materiale cui la prova si riferisce verrà scartato.
Di tutte le operazioni di controllo, di prelievo e di verifica verranno redatti appositi verbali firmati in contraddittorio con l'APPALTATORE; in mancanza di tali verbali, l'opera non potrà essere collaudata.

## 13.4. CUNETTE E FOSSI DI GUARDIA

### 13.4.1. Cunette

Per agevolare lo smaltimento delle acque piovane ed impedire infiltrazioni dannose all'interno del corpo stradale/ferroviario, in fase di approfondimento del progetto esecutivo sono state previste le seguenti casistiche di intervento:

- sistemazione delle cunette esistenti con innalzamento di una o entrambe le paretine, mediante un appendice in c.a. realizzata con calcestruzzo di classe 25/30, previa disposizione di ferri di armatura tipo B450C (diam. 12 al passo di 20 cm) in fori ed inghisati mediante idonea malta/resina alla medesima paretina. Tale tipo di intervento, si è reso necessario al fine di fornire alla canaletta esistente, anche la funzione di paraballast, evitandone il suo continuo intasamento a causa del riversamento del pietrisco ferroviario, riducendone la attuale frequenza di manutenzione;
- costruzione di nuove cunette in conglomerato cementizio armato realizzata con calcestruzzo di classe 25/30 ed armatura in acciaio tipo B450 C, costituita da dua paretine di altezza variabile in funzione dell'andamento del terreno e di solettina di fondazione, tutte di spessore pari a 20 cm. Sulla paretina a monte, verso il terrapieno, sono stati previsti dei fori di drenaggio (diam.

100 mm disposti a passo di 1000 mm), e retrostante pacchetto drenante costituito da materiale inerte avvolto in tessuto non tessuto avente funzione filtrante di grammatura ≥ 200gr.

- Demolizione delle cunette esistenti, particolarmente degradate, con relativo conferimento a discarica autorizzata del materiale di risulta, e successiva ricostruzione, in analoga posizione, di nuove cunette in conglomerato cementizio armato realizzata con calcestruzzo di classe 25/30 ed armatura in acciaio tipo B450 C, costituita da dua paretine di altezza variabile in funzione dell'andamento del terreno e di solettina di fondazione, tutte di spessore pari a 20 cm. Sulla paretina a monte, verso il terrapieno, sono stati previsti dei fori di drenaggio (diam. 100 mm disposti a passo di 1000 mm), e retrostante pacchetto drenante costituito da materiale inerte avvolto in tessuto non tessuto avente funzione filtrante di grammatura ≥ 200 gr.

Per le modalità esecutive, caratteristiche dei materiali, modalità di controllo si rimanda alla parte del presente capitolato speciale afferente le "Opere di conglomerato cementizio".

### 13.4.2. Fossi di guardia

Nei tratti in cui il rilevato ferroviario non presenta al piede il fosso di guardia, ne è stata prevista la relativa realizzazione con rivestimento in conglomerato cementizio, così come riportatto negli elaborati di progetto, realizzabile in opera o mediante elementi in cls vibrato prefabbricato, avente caratteristiche Rck ≥ 25 MPa, armato con rete di acciaio a maglie saldate del tipo B450C, in fili del diametro di 6 mm e del peso non inferiore a 3,00 Kg/m$^2$.
Gli elementi avranno forma trapezoidale, secondo i disegni tipo di progetto; lo spessore dovrà essere non inferiore a 7 cm e le testate dovranno essere sagomate ad incastro a mezza pialla; i giunti dovranno essere stuccati con malta dosata a 500 kg/m3 di cemento.
Posti in opera su letto di materiale arido perfettamente livellato e costipato avendo cura che in nessun punto restino vuoti che potrebbero compromettere la resistenza della struttura.
Viceversa si è stata prevista la pulizia dei fossi di guardia/cunette esistenti.

## 13.5. OPERE DI PROTEZIONE IN GABBIONI

### 13.5.1. Generalità

Il gabbione a scatola è un elemento a forma di prisma rettangolare con le pareti costituite da un'armatura di rete metallica fortemente zincata con maglie a doppia torsione, riempito di materiale lapideo di adatta pezzatura. Tutti i bordi, sia del telo principale che delle testate, sono rinforzati con fili di ferro zincato di diametro maggiorato rispetto a quello della rete.

### 13.5.2. Caratteristiche dei materiali

I gabbioni metallici dovranno essere fabbricati con rete metallica a doppia torsione in filo conforme alle "*Linee guida per la redazione di capitolati per l'impiego di rete metallica a doppia torsione*" del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP. (12 maggio 2006) ed alle UNI-EN 10223-3, conforme alle UNI-EN 10223-3 per le caratteristiche meccaniche e UNI-EN 10218 per le tolleranze sui diametri.
Il filo costituente la rete metallica dovrà essere sottoposto a zincatura forte oppure essere rivestito in lega ZN-AL (5%) (minimo 220 g/m$^2$).
La tipologia del filo sottoposto a zincatura forte in alcune opere speciali potrebbe avere anche un rivestimento plastico in PVC o PE di spessore 0.4 - 0.6 mm, qualora previsto in progetto e nel caso

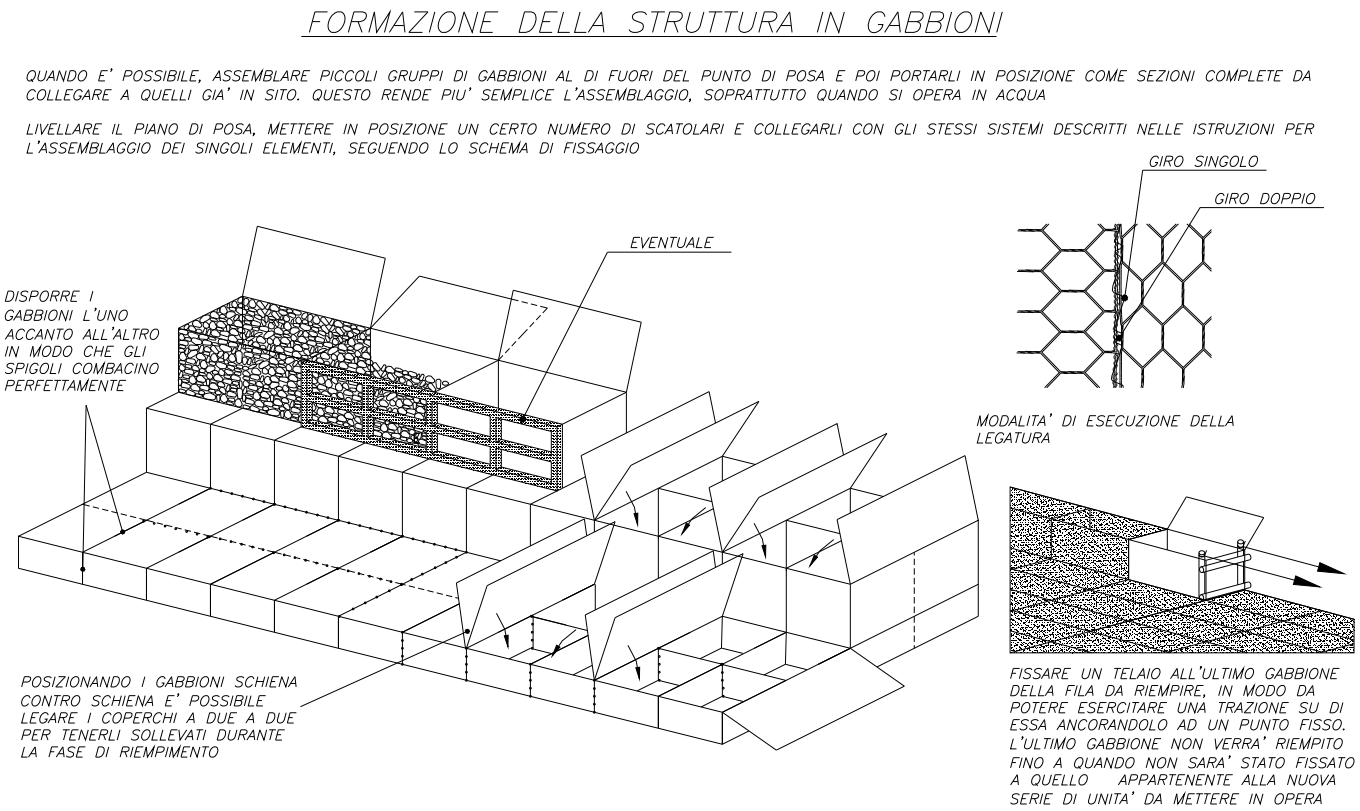
di gabbioni lavoranti in ambiente marino, oppure in ambienti particolarmente inquinati il filo zincato.
La rete costituente gli elementi dovrà avere filo zincato con dimensioni pari a 2,7/3,0 mm e maglie uniformi di dimensioni non superiori a 8x10 cm, dovrà essere esente da strappi e dovrà avere il perimetro rinforzato con filo di diametro maggiore rispetto a quello delle rete stessa, inserito nella trama della rete o ad essa agganciato meccanicamente in modo da impedire lo sfilamento e dare sufficiente garanzia di robustezza.
Le dimensioni trasversali della scatola costituente i gabbioni (altezza e larghezza) dovranno essere pari a 0,50*1,00 m oppure a 1,00*1,00 m. Per lunghezze della scatola superiori a 1,50 m si dovranno adottare gabbioni muniti di diaframmi e più precisamente: 1 diaframma per scatole di lunghezza pari 2 m, 2 diaframmi per scatole di lunghezza pari a 3 m e 3 diaframmi per scatole di lunghezza pari a 4 m.
Il materiale di riempimento dei gabbioni, più comunemente usato, sarà costituito da pietrame di cava spaccato (anche con il materiale derivante dal rinnovamento del ballast della linea esistente, previa esecuzione dei test di laboratorio che ne comprovino il possibile riutilizzo in cantiere) o da ciottolame di fiume preferibilmente di forma appiattita, purché il loro peso e le loro caratteristiche soddisfino alle esigenze statiche, funzionali e di durata dell'opera.
Saranno da preferire i materiali di maggiore massa volumica, soprattutto se è predominante il comportamento a gravità della struttura o se la stessa è immersa o soggetta alla forza viva dell'acqua. Ai fini di una lunga durata dell'opera, il pietrame dovrà, inoltre, essere non gelivo, non friabile, non dilavabile e di buona durezza. La pezzatura del pietrame sarà variabile tra 1.5 e 2.5 volte la dimensione D della maglia della rete, tale cioè da evitare fuoriuscite del pietrame.
Le dimensioni del pietrame e dei ciottoli non dovranno essere superiori a 250 mm e non dovranno essere inferiori a quelle della maglia utilizzata, le dimensioni ottimali variano tra i 75 mm ed i 200 mm.
Il pietrame di riempimento utilizzati per la costruzione dell'opera dovranno corrispondere ai requisiti essenziali di compattezza, omogeneità e durabilità; dovranno inoltre essere esenti da giunti, fratture e piani di sfalsamento e rispettare i seguenti limiti:

| | |
|---|---|
| -- massa volumica: | $\geq$ 24 kN/m$^3$ (2400 kgf/m$^3$) |
| - resistenza alla compressione: | $\geq$ 80 Mpa (800 kgf/cm$^2$) |
| - coefficiente di usura: | $\leq$ 1,5 mm |
| - coefficiente di imbibizione: | $\leq$ 5% |
| - gelività: | il materiale deve risultare non gelivo |

### 13.5.3. Modalità esecutive

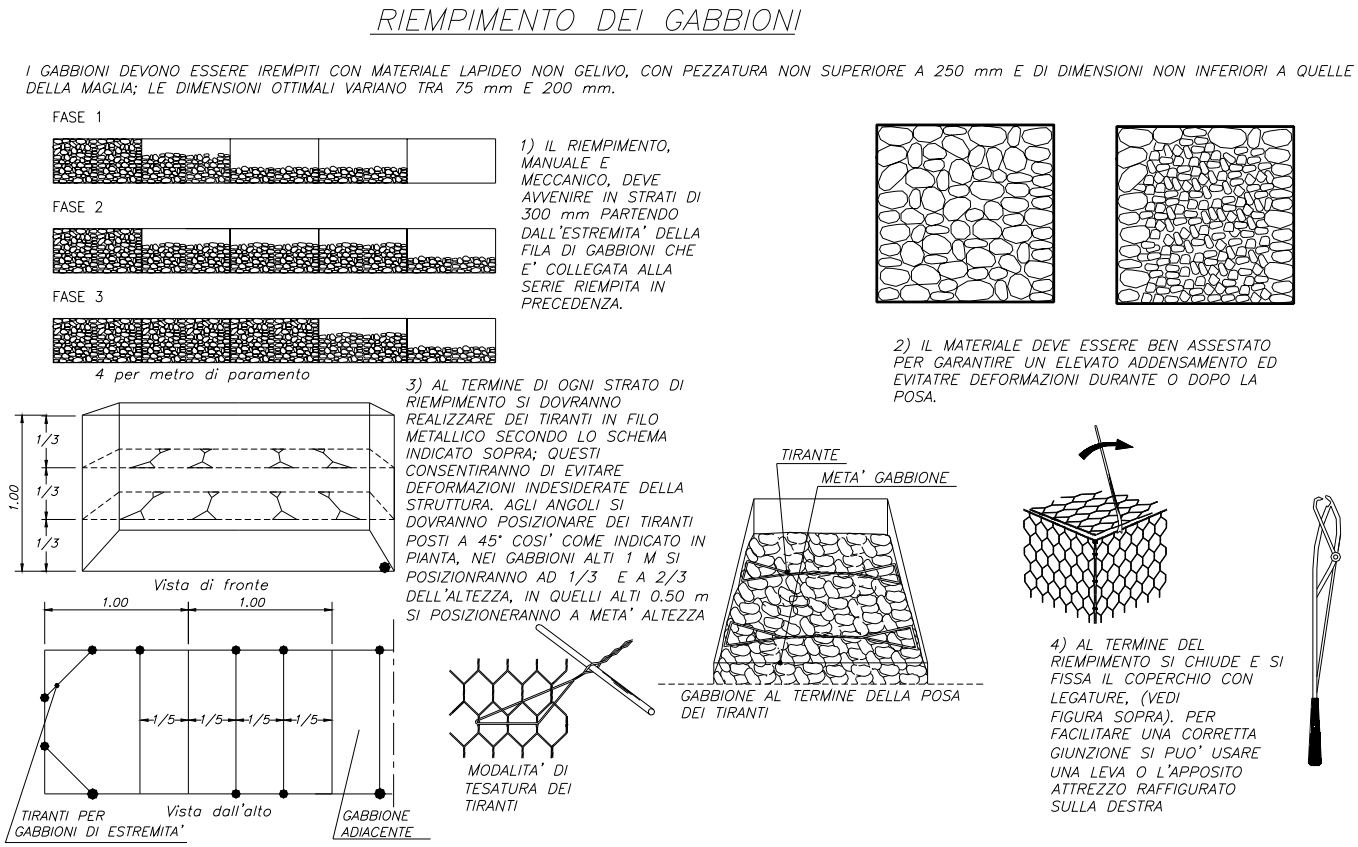
L'armatura metallica dei gabbioni dovrà essere aperta e distesa sul suolo, nel luogo di impiego ma, se possibile, fuori opera; verranno raddrizzate le pareti e le testate e verranno quindi effettuate le cuciture dei quattro spigoli verticali, con l'apposito filo, in modo da formare la scatola. Le cuciture saranno eseguite in modo continuo, passando il filo in tutte le maglie con un doppio giro ogni due maglie e prendendo, in tale operazione, i due fili di bordatura che si vengono a trovare a contatto.

Predisposto fuori opera un certo numero di gabbioni o dei materassi, ognuno già cucito nella sua forma di scatola, si porrà in opera un gruppo di elementi pronti, disponendoli secondo la sagoma prevista e, prima di effettuare il riempimento, collegandoli fra loro con solide cuciture lungo gli spigoli a contatto, da eseguirsi nello stesso modo indicato per la formazione delle scatole. Man mano che si aggiungono nuovi gruppi di gabbioni o materassi, si dovrà provvedere a che questi siano strettamente collegati con quelli già in opera: quanto detto vale anche tra i vari strati dei gabbioni in elevazione.




Il materiale di riempimento dovrà essere opportunamente sistemato nell'interno della scatola metallica in modo da ottenere sempre il minimo indice dei vuoti; si dovrà in ogni caso porre la massima attenzione, durante la posa, per evitare lo sfiancamento delle pareti dell'elemento.
Qualora i gabbioni fossero senza diaframmi, durante il loro riempimento si dovrà disporre nell'interno della scatola un certo numero di tiranti aventi la funzione di rendere solidali tra loro le pareti opposte dell'armatura metallica ed evitare, in caso di deformazione dell'opera o durante la fase di riempimento, un eccessivo sfiancamento delle scatole. I tiranti, orizzontali, saranno costituiti da pezzi di filo di ferro zincato, dello stesso tipo di quello usato per le cuciture, e verranno agganciati all'armatura metallica con una legatura abbracciante una maglia; i tiranti saranno messi in opera in senso trasversale alla scatola per agganciare le pareti opposte, o ad angolo fra due pareti adiacenti ovvero a 45° così come indicato nella figura seguente. Mediamente si dovranno mettere in opera da 4 a 6 tiranti per ogni m3 di gabbionata se gli elementi sono alti 1 m, da 2 a 4 tiranti per ogni $m^3$ di gabbionata se gli elementi sono alti 0,5 m, in particolare si posizioneranno ad 1/3 e a 2/3

dell'altezza per gabbioni alti 1,00 m, mentre si posizioneranno a metà altezza per quelli alti 0,50 m.
Il riempimento verrà effettuato con mezzi meccanici sistemando il materiale all'interno dei gabbioni in modo tale da ottenere la minor percentuale di vuoti; l'indice di porosità del gabbione dovrà essere compreso tra 0,3 e 0,4, dovrà avvenire per strati di 300 mm partendo dalla estremità della fila di gabbioni che è collegata alla serie riempita in precedenza. Al termine di ogni strato si realizzeranno i tiranti di cui sopra secondo lo schema indicato dagli elaborati di progetto ovvero dal fornitore dei gabbioni.




Ultimate le operazioni di riempimento, si procederà alla chiusura del gabbione, abbassando il coperchio effettuando le legature lungo i bordi perimetrali del coperchio e lungo il bordo superiore degli eventuali diaframmi, passando il filo in nodo continuo in tutte le maglie con un doppio giro ogni 2 maglie.
A causa di particolari condizioni locali potrà risultare necessario, per l'esecuzione del lavoro, provvedere alla messa in opera dei gabbioni già predisposti, riempiti e cuciti. In questi casi, l'APPALTATORE dovrà sottoporre all'accettazione dall'Ufficio di Direzione Lavori le modalità esecutive di posa che intenderà adottare, con l'indicazione dei macchinari e del numero di agganci che prevede di utilizzare.
Man mano che si poseranno i gabbioni, si dovrà procedere al collegamento con gli elementi già in opera.

### 13.5.4. Prove di accettazione e controllo

I gabbioni dovranno rispondere alle prescrizioni delle "*Linee guida per la redazione di capitolati per l'impiego di rete metallica a doppia torsione*" del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP. (12 maggio 2006) ed alle UNI-EN 10223-3, conforme alle UNI-EN 10223-3 per le caratteristiche meccaniche e UNI-EN 10218 per le tolleranze sui diametri.
Prima della messa in opera degli elementi e per ogni partita ricevuta in cantiere, l'Appaltatore dovrà presentare all'Ufficio di Direzione Lavori il certificato di collaudo a garanzia della Ditta che ha fabbricato i gabbioni, redatto secondo quanto indicato nelle linee guide di cui sopra, e corredato dalla certificazione di sistema qualità in conformità alle normative in vigore, ISO-EN 9002.
L'Ufficio di Direzione Lavori dovrà eseguire gli ulteriori accertamenti descritti nel seguito, le cui spese restano sempre a carico dell'Appaltatore.
Procederà dapprima alla ricognizione dei gabbioni per controllare che nei punti di torsione lo zinco non presenti sollevamenti o screpolature che ne consentano il distacco con il grattamento: se l'inconveniente si ripeterà per il 10% dei casi esaminati la partita sarà da scartare.
L'Ufficio di Direzione Lavori accerterà altresì il peso complessivo dei gabbioni, mediante pesatura a discrezione di campioni significativi, verificando la corrispondenza con le dichiarazioni del fornitore; se il peso risulterà inferiore, la partita sarà scartata, e l'APPALTATORE dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese.
Procederà quindi al prelevamento di campioni di filo, ciascuno della lunghezza di almeno 40 cm, in ragione di almeno un campione ogni 100 gabbioni o materassi ed un campione ogni lo matasse di filo per cuciture, per determinare la quantità di zinco presente, espressa in grammi per metro quadrato di superficie zincata, che dovrà risultare uguale o superiore ai valori riportati nella tabella che segue:

| Diametro dei fili | quantità di zinco (PER $m^2$ DI SUPERFICIE ZINCATA) |
|---|---|
| 1,8 mm<br>2,0 mm<br>2,2 mm | 240 g |
| 2,4<br>2,7 | 260 g |
| 3,0 mm<br>3,4 mm | 270 g |
| 3,8 mm ed oltre | 290 g |

Metà di ciascun campione verrà sottoposto a prova per verificare il peso unitario dello strato dizinco mediante differenza di massa tra il campione zincato e lo stesso dopo la dissoluzione dello strato di zincatura. Sull'altra metà dovranno essere eseguite prove per verificare l'uniformità dello spessore dello strato di zincatura mediante cinque immersioni in una soluzione di solfato di rame e acqua distillata,senza che compaiono sul ferro depositi di rame aderente.
Entrambe le prove dovranno essere effettuate, a cura e spese dell'APPALTATORE, sotto il controllo della Direzione Lavori, presso i Laboratori indicati dalla stessa Direzione Lavori, nel rispetto della Norma UNI EN 10244-1:2009. Qualora il peso unitario dello strato di zinco risulti inferiore a quello indicato in tabella in più del 20% dei campioni e l'uniformità dello strato risulti

carente in eguale misura, la partita sarà rifiutata e l'APPALTATORE dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese. Del pari la partita sarà rifiutata in assenza od incompletezza del certificato di collaudo e garanziache il produttore deve rilasciare per ogni partita.

Per quanto riguarda il pietrame, deve evere caratteristiche che rispondano ai seguenti requisiti:

- non gelivo, alla prova eseguita secondo le Norme del R.D. 1 6/11/39 n. 2232.
- non friabile,
- non dilavabile,
- di buona durezza,
- di peso specifico rilevante;

Le prove sulle suddette caratteristiche saranno eseguite nel laboratorio di cava, o in altro laboratorio e i relativi certificati saranno vistati dalla DL. Le prove in corso di fornitura saranno eseguite su lotti quantitativamente definiti dalla DL, in funzione delle caratteristiche della cava, del materiale, delle dimensioni dei massi e delle opere da realizzare.
Durante l'esecuzione dei lavori saranno effettuate le seguenti verifiche:

a. Verifica dell'esistenza del certificato di analisi della pezzatura del pietrame.
   Questa deve essere compresa tra 1÷1.5 volte la dimensione massima della maglia della rete impiegata, salvo quanto diversamente specificato nel progetto, e sarà specificata nell'ordine di fornitura alla cava. Questa prova sarà eseguita in cava e ne dovrà essere redatto apposito certificato accompagnante ogni lotto di fornitura.

b. verifica che le modalità operative di riempimento del materiale consentano di ottenere un indice di porosità rientrante nei valori di riferimento: 0,3 ÷ 0,4 .
   La prova sarà effettuata, prima dell'inizio dei lavori, utilizzando il laboratorio di cantiere, su un campione per ogni tipo di gabbione o materasso da utilizzare.

In corso d'opera saranno eseguiti controlli giornalieri sull'applicazione della procedura operative per la posa in opera dei materiali:
a) verifica a spot, sul lotto giornaliero di lavori, della conformità delle legature dei gabbioni e dei materassi a quanto prescritto dal presente Capitolato Speciale, sia sui singoli elementi che sugli accoppiamenti e sulle inserzioni di diaframmi di rinforzo.
b) verifica a spot, sul lotto giornaliero di lavori, dell'inserimento di tiranti tra le pareti opposte di ogni singolo elemento di gabbione, nel caso che questo non sia munito di diaframmi intermedi.
Le prove relative alla determinazione delle caratteristiche fisiche del pietrame (determinazione del peso specifico, del coefficiente di imbibizione e della gelività) saranno effettuate, a carico dell'Appaltatore, seguendo quanto riportato al Capo II delle "Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione" di cui al R.D. 16 novembre 1939, n.2232; per le prove di resistenza meccanica (resistenza alla compressione e all'usura per attrito radente), si farà riferimento al Capo III della stessa normativa.
L'Appaltatore dovrà consegnare all'Ufficio di Direzione Lavori i certificati di un laboratorio ufficiale relativi alle prove sopra indicate, che dovranno dimostrare il rispetto dei limiti imposti.
Di tutte le operazioni di controllo, di prelievo e di verifica verranno redatti appositi verbali firmati in contraddittorio con l'APPALTATORE; in mancanza di tali verbali, l'opera non potrà essere

collaudata.
Resta comunque confermata la facoltà dell'Ufficio di Direzione Lavori di integrare la campagna di prove sopraindicate a propria discrezione in relazione alla tipologia, estesa e importanza dell'opera.

### 13.5.5. Riferimenti Normativi

Norme tecniche per le costruzioni- DM 14 gennaio 2008

Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori pubblici n. 2078 del 27/8/1962 – Norme da inserire nei Capitolati di lavori idraulici per la zincatura dei gabbioni di filo di ferro per difese e sistemazioni montane
UNI EN 10223-3 – Fili e prodotti trafilati di acciaio per recinzioni – Reti di acciaio a maglie esagonali per impieghi industriali – luglio 1999
UNI EN 10016-2 – Vergella di acciaio non legato destinata alla trafilatura e/o alla laminazione a freddo – Prescrizioni specifiche per vergella per impieghi generali
UNI EN 10218-2 – Filo di acciaio e relativi prodotti – Generalità – Dimensioni e tolleranze dei fili – luglio 1997
UNI EN 10244-2 – Fili e prodotti trafilati di acciaio – Rivestimenti metallici non ferrosi sui fili di acciaio – Rivestimenti di zinco o leghe di zinco – marzo 2003-09-11
UNI EN 10218-1 – Filo di acciaio e relativi prodotti – Generalità – Metodi di prova
UNI EN 10245-2 – Fili e prodotti trafilati di acciaio – Rivestimenti organici sui fili di acciaio –Fili rivestiti in PVC
EN 10245 – Steel wire and wire products – Organic coatings on steel wire – Part 3: PE coated wire
UNI EN ISO 6988 – Rivestimenti metallici ed altri rivestimenti non organici – Prova con anidride solforosa con condensazione generale di umidità

Commissione Europea – Linea Guida F – Durability and the construction productive directive (Revisione agosto 2002) Ground investigation and earthworks – procedures for geotechnical certification – Department of the Environment Transport and the Regions, Highways Agency – UK
British Standard BS 8006:1995 – Code of practice for strengthened/reinforced soils and other fills

UNI 10006/2002 – Costruzione e manutenzione delle strade. Tecniche di impiego delle terre
Ground investigation and earthworks – procedures for geotechnical certification – Department of the Environment Transport and the Regions, Highways Agency – UK
Linee guida per i capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica e lavori di opere a verde – Ministero dell'ambiente – Servizio valutazione impatto ambientale, informazioni ai cittadini e per la relazione sullo stato dell'ambiente – 1997
Ente Nazionale per le Strade – La protezione del corpo stradale contro la caduta massi – Gruppo Tecnico per la sicurezza stradale – Aprile 2001.

## 13.6. SPECIFICA DI CONTROLLO QUALITÀ

Per ogni opera di difesa, prima dell'inizio delle operazioni di posa in opera la Direzione Lavori dovrà verificare che:

- siano state richieste alle competenti Autorità, con debito margine di tempo, tutte le

autorizzazioni necessarie ai lavori, così come specificato dalla normativa vigente e dai capitolati contrattuali.
• siano pervenute alla data di inizio lavori le autorizzazioni di cui sopra, e che queste siano presenti in cantiere, in accordo alle modalità prescritte dalla normativa vigente.
• siano state qualificate le fonti di approvvigionamento dei materiali;
• siano stati qualificati ed accettati i materiali provenienti dalle suddette fonti.
• siano stati notificati per iscritto alla DIREZIONE LAVORI i nominativi e l'identificazione rispettivamente del fornitore delle reti e della cava di approvvigionamento.

### 13.6.1. Qualifica dei materiali

13.6.1.1. Calcestruzzi

Si precisa che le modalità di qualifica dei calcestruzzi si farà riferimento a quanto prescritto nelle Capitolo afferente le "Opere di conglomerato cementizio".

13.6.1.2. Elementi in rete metallica e pietrame

Tutti i singoli elementi di gabbioni in pietrame, dovranno essere conformi a quanto specificato ai punti precedenti. La certificazione di qualità sarà allegata al dossire relativi all'opera in realizzazione.
Le verifiche da effettuarsi sono come di seguito elencate:

a. Qualifica della cava

La cava dalla quale dovrà provenire il pietrame di riempimento dovrà essere qualificato seguendo le modalità di qualificazione riportate nelle specifiche relative agli aggregati per calcestruzzo riportate capitolo delle "Opere di conglomerato cementizio". In sede di qualificazione, oltre alle verifiche sulla capacità organizzativa/operativa e di controllo della cava, si dovrà anche verificare che le caratteristiche del materiale da fornire, rispondano ai seguenti requisiti: :
• non gelivo, alla prova eseguita secondo le Norme del R.D. 16/11/39 n. 2232.
• non friabile,
• non dilavabile,
• di buona durezza,
• di massa volumica (maggiore di 2000 kg/$m^3$ per i materassi)
Le prove sulle suddette caratteristiche saranno eseguite nel laboratorio di cava, approvato in sede di qualifica, o in altro laboratorio comunque approvato dalla DIREZIONE LAVORI.
Le prove in corso di fornitura saranno eseguite su lotti quantitativamente definiti dalla DL in funzione delle caratteristiche della cava e delle dimensioni delle opere da realizzare.
E' comunque prescritta l'esecuzione delle prove per ogni lotto di fornitura di almeno 1000 $m^3$.

b. Qualifica delle reti metalliche

I prodotti dovranno essere acquistati da fornitori qualificati dall'Appaltatore e per ogni partita inviata il fornitore dovrà certificare:

- la conformità alle norme UNI 8018, della maglia;
- la conformità alle Norme UNI 3598, del filo di ferro, fortemente zincato;
- la rispondenza alle "*Linee guida per la redazione di capitolati per l'impiego di rete metallica a doppia torsione*" del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP. (12 maggio 2006) ed alle UNI-EN 10223-3, conforme alle UNI-EN 10223-3 per le

caratteristiche meccaniche e UNI-EN 10218 per le tolleranze sui diametri.
L'APPALTATORE, dovrà controllare l'esistenza delle suddette certificazioni, e darne contezza alla Direzione Lavori. Nel caso che il manufatto debba essere impiegato in acque particolarmente aggressive (acque marine o acque inquinate), si dovrà verificare che il filo costituente la rete sia rivestito in PVC con spessore di 0,4 - 0,6 mm.

Tale verifica sarà effettuata sulla base della certificazione del fornitore della rete attestante la qualità del rivestimento.

### 13.6.2. Controlli di posa in opera

#### 13.6.2.1. Lavori di scavo

I controlli relativi agli scavi, richiesti per la realizzazione delle varie opere descritte nel presente capitolo, saranno i medesimi di quelli adottati ed indicati nella parte afferente il Capitolo "Movimenti di terra" .

#### 13.6.2.2. Lavori in conglomerato cementizio

Per le tipologie e le modalità di controllo si rimanda alla specifica riportate nel Capitolo afferente le "Opere in conglomerato cementizio".

#### 13.6.2.3. Posa in opera dei gabbioni e dei materassi

Durante l'esecuzione dei lavori saranno effettuate le seguenti verifiche:

- verifica dell'esistenza del certificato di analisi della pezzatura del pietrame. Questa deve essere compresa tra 1-2 volte la dimensione della maglia della rete impiegata, salvo quanto diversamente specificato nel progetto, e sarà specificata nell'ordine di fornitura alla cava. Questa prova sarà eseguita in cava e ne dovrà essere redatto apposito certificato accompagnanteogni lotto di fornitura.
- verifica che le modalità operative di riempimento del materiale consentano di ottenere un indice di porosità rientrante nei valori di riferimento: 0,3 - 0,4 e comunque conforme a quanto indicato precedentemente.

La prova sarà effettuata, prima dell'inizio dei lavori, utilizzando il laboratorio di cantiere, su un campione per ogni tipologia di gabbione da utilizzare, a cura e spese dell'APPALTATORE.
I risultati di questa procedura operativa saranno comunicati alla DL. che ne verificherà i risultati permettendo in conseguenza l'inizio dei lavori di riempimento.
In corso d'opera saranno eseguiti controlli giornalieri sull'applicazione di questa procedura.
Verifica a campione secondo quanto richiesto dalla Direzione Lavori, sul lotto giornaliero di lavori, della conformità delle legature dei gabbioni e dei materassi a quanto prescritto dal presente Capitolato, sia sui singoli elementi che sugli accoppiamenti e sulle inserzioni di diaframmi di rinforzo.
Verifica a campione, sul lotto giornaliero di lavori, dell'inserimento di tiranti tra le pareti opposte di ogni singolo elemento di gabbione, nel caso che questo non sia munito di diaframmi intermedi.

# 14. IMPERMEABILIZZAZIONE IMPALCATI FERROVIARI

## 14.1. IMPERMEABILIZZAZIONE COSTITUITA DA GUAINE BITUMINOSE PREFABBRICATE.

Il sistema di impermeabilizzazione da applicare nella zona centrale "sotto-ballast" degli impalcati dovrà essere costituito da due guaine bituminose prefabbricate sovrapposte, di spessore 3 mm (guaina inferiore) e 4 mm (guaina superiore). Tali guaine dovranno poi essere protette superiormente da uno strato di 5 cm di spessore di conglomerato bituminoso.
Nella zona dei camminamenti l'impermeabilizzazione è invece formata da un'unica guaina di 4 mm di spessore delle stesse caratteristiche della precedente (guaina superiore) protetta dallo strato di conglomerato bituminoso suddetto.
Tutti i prodotti potranno essere utilizzati soltanto se rispondenti alle caratteristiche indicate nei seguenti paragrafi. Essi, comunque, dovranno essere approvati dalla DL prima della posa in opera. Pertanto, per ciascun prodotto dovranno essere eseguite prove preventive di caratterizzazione.

### 14.1.1. Caratteristiche della guaina inferiore da 3 mm

| | VALORE RICHIESTO | NORMA DI RIFERIMENTO |
|---|---|---|
| armatura in poliestere a filo continuo | 120 gr/mq; | |
| resistenza a rottura per trazione su provino | longit. ≥ 500 N<br>trasv. ≥ 400 N | UNI 8202/8 |
| allungamento a rottura | ≥ 40% | UNI 8202/8 |
| stabilità di forma a caldo | a 140 °C | UNI 8202/18 |
| flessibilità a freddo | - 10 °C | UNI 8202/15 |
| flessibilità a freddo dopo invecchiamento | a - 5 °C | 8202/26 |
| impermeabilità all'acqua alla pressione di | 500 KPa | UNI 8202/21 |
| massa areica | ≥ 3 e ≤ 3,5 Kg/mq | UNI 8202/7 |
| stabilità dimensionale a caldo long. e trasv. | ≤ 0,5% | UNI 8202/17 |
| lunghezza (Lu) | Lu ± 1% | UNI 8202/3 |
| larghezza (La) | La ± 1% | UNI 8202/4 |
| spessore | 3 mm ± 7% | UNI 8202/6 |
| resistenza alla lacerazione longit. e trasv. metodo B | ≥ 150 N | UNI 8202/9 |
| resistenza al punzonamento statico | ≥ 350 N | UNI 8202/11 |
| temperatura di rammollimento | ≥ 140 °C | ASTM D36 |
| resistenza all'ozono | nessuna screpolatura dopo la prova | UNI 8202/28 |

### 14.1.2. Caratteristiche della guaina superiore da 4 mm

| | VALORE RICHIESTO | NORMA DI RIFERIMENTO |
|---|---|---|
| armatura in poliestere a filo continuo | 250 gr/mq; | |
| resistenza a rottura per trazione su provino | longit. ≥ 900 N<br>trasv. ≥ 900 N | UNI 8202/8 |
| allungamento a rottura | ≥ 40% | UNI 8202/8 |
| stabilità di forma a caldo | a 140 °C | UNI 8202/18 |
| flessibilità a freddo | - 15 °C | UNI 8202/15 |
| flessibilità a freddo dopo invecchiamento | a – 10 °C | modalità di prova da definire con la DL |
| impermeabilità all'acqua alla pressione di | 500 KPa | UNI 8202/21 |
| massa areica | 4 ± 0.3 Kg/mq | UNI 8202/7 |
| stabilità dimensionale a caldo long. e trsv. | ≤ 0,5% | UNI 8202/17 |
| lunghezza (Lu) | Lu ± 1% | UNI 8202/3 |
| larghezza (La) | La ± 1% | UNI 8202/4 |
| spessore | 4 mm ± 7% | UNI 8202/6 |
| resistenza alla lacerazione longit. e trasv. metodo B | ≥ 150 N | UNI 8202/9 |
| resistenza al punzonamento statico | ≥ 350 N | UNI 8202/11 |
| temperatura di rammollimento | ≥ 140 °C | ASTM D36 |
| resistenza all'ozono | nessuna screpolatura dopo la prova | UNI 8202/28 |

Detta guaina, inoltre, dovrà essere trattata sulla superficie superiore con fibre polimeriche preformate in film in modo da renderla più resistente al passaggio dei mezzi di cantiere e della vibrofinitrice.

### 14.1.3. Posa in opera del manto impermeabile sulla zona "sotto ballast" dell'impalcato

Le modalità di posa in opera del manto impermeabile dovranno essere le seguenti:

- radicale pulizia delle superfici da impermeabilizzare mediante idrolavaggio e/o soffiatura con aria compressa e, ove occorra, con regolarizzazione delle superfici mediante bocciardatura e/o rasatura, con emulsione bituminosa costituita da cemento, sabbia di fiume, bitume ed acqua, in rapporti volumetrici adeguati ed idonei a garantire superfici, lisciate al fratazzo, che non presentino crepe dopo essiccamento dell'emulsione stessa. Soluzioni diverse potranno essere adottate soltanto se preventivamente accettate dalla DL.

- applicazione a rullo o a spruzzo, sulle superfici da impermeabilizzare, di uno speciale primer compatibile anche con calcestruzzi trattati con antievaporante, in quantità compresa tra i 300g e i 500g per $m^2$.

- applicazione, in fasi successive, delle due guaine, di spessore 3 mm (inf.) e 4 mm (sup.), mediante fiaccola per la fusione di tutto lo strato superficiale da incollare al supporto e con rullo, di peso adeguato, per comprimere uniformemente le guaine fuse in modo da renderle maggiormente aderenti.

La stesa delle guaine dovrà effettuarsi trasversalmente all'impalcato. Il singolo rotolo di guaina dovrà consentire, senza giunti trasversali, la copertura della zona compresa tra i muretti para-ballast nonché i risvolti verticali sui muretti stessi, che dovranno essere di 20 cm per le guaine di spessore 3 mm e di 25 cm per le guaine di spessore 4 mm.
La successione longitudinale delle singole guaine potrà avvenire partendo dalla estremità più bassa e terminando all'altra estremità della campata nei viadotti in pendenza, oppure partendo dalle due estremità e terminando al centro della campata stessa nei viadotti non in pendenza.
Particolare attenzione dovrà essere posta all'incollaggio delle guaine sull'angolo tra estradosso impalcato e muretto para-ballast, onde evitare vuoti sotto le guaine stesse che potrebbero causarne il distacco dal muretto sotto l'azione del ballast.
Alle estremità dell'impalcato, le guaine dovranno coprire per metà ampiezza il varco esistente tra due impalcati contigui e dovranno essere incollate solo parzialmente in modo da rendere possibile il successivo montaggio della scossalina del coprigiunto che avverrà dopo la stesa del conglomerato bituminoso.
Le sovrapposizioni delle guaine dovranno essere di 10 cm. Le sovrapposizioni della guaina superiore da 4 mm dovranno ricadere all'incirca a metà tra le sovrapposizioni della guaina inferiore da 3 mm.

### 14.1.4. Posa in opera del manto impermeabile sulle zone dell'impalcato non al disotto del ballast

Su tale zona dovrà essere applicata soltanto la guaina di spessore 4 mm di cui sopra e le modalità di applicazione dovranno essere le stesse previste per la zona centrale dell'impalcato ad esclusione della stesa, che potrà effettuarsi anche in senso longitudinale all'impalcato qualora l'appaltatore ne faccia richiesta e dia dimostrazione alla D.L. di ottenere gli stessi risultati ottenibili con l'applicazione trasversale all'impalcato. Le sovrapposizioni sia longitudinali che trasversali delle guaine dovranno essere di 15 cm, mentre i risvolti delle stesse sui muretti para-ballast e sui cordoli dei parapetti dovranno essere rispettivamente di 20 cm e di 8 cm.
Particolare attenzione dovrà essere posta in prossimità dei fori di scolo ricavati sui muretti para-ballast, nonché in prossimità dei pluviali e dei fori di ancoraggio dei pali T.E. (se presenti) posti sui camminamenti.
Nessuna impermeabilizzazione potrà essere eseguita in giornate di pioggia o di neve o quando la temperatura ambiente in fase di posa è inferiore a +5°C; in ogni caso le superfici da impermeabilizzare dovranno risultare perfettamente asciutte.
I manti impermeabili, sia sui camminamenti che sulla zona centrale dell'impalcato, dovranno essere protetti da uno strato di conglomerato **bituminoso/cementizio** di spessore 5 cm, da applicarsi in tempi immediatamente successivi alla posa delle guaine, e comunque previo controllo del perfetto stato di conservazione del manto impermeabile.

### 14.1.5. Prove su guaine impermeabili

14.1.5.1.Prove sulle guaine impermeabili

Le prove da eseguire sulle guaine impermeabili riguarderanno sia il prodotto in fornitura che il prodotto applicato. Le prove sul prodotto in fornitura consisteranno in una serie di prove di caratterizzazione del prodotto stesso, mentre le prove sul prodotto applicato consisteranno in una prova di adesione al supporto, preventivamente trattato con primer.

14.1.5.2.Prove tecnologiche di caratterizzazione su prodotti in fornitura

Le prove verranno eseguite sotto il controllo della DL che provvederà ai prelievi in corso d'opera dei campioni che l'APPALTATORE dovrà inviare in laboratorio.
Il numero di prelievi sarà pari a 2 per ogni 10.000 $m^2$ o frazione. Le prove da effettuare sono quelle indicate ai precedenti paragrafi 7.1.1 e 7.1.2. Al termine delle prove tutto il materiale oggetto del collaudo dovrà essere identificato inequivocabilmente come idoneo o non idoneo all'impiego.

14.1.5.3.Prove funzionali sul prodotto applicato

Le prove funzionali da eseguire consisteranno in prove di strappo delle guaine bituminose già poste in opera.
Dette prove dovranno essere condotte in presenza del personale della DL e consisteranno nell'incollaggio sulle guaine bituminose di alcuni piastrini metallici circolari, di diametro 100 o 50 mm e nel tiro di detti piastrini con apposita apparecchiatura in grado di fornire la tensione di tiro prescritta nel seguito..
I piastrini da applicare saranno n° 6, su ogni quattro campate a scelta della DL e potranno essere posizionati sia sui camminamenti che sulla zona centrale dell'impalcato. I punti di applicazione dei piastrini sulla zona centrale dell'impalcato saranno determinati dagli incroci di un reticolo di 2 m di lato, mentre quelli sui camminamenti saranno determinati dagli incroci di un reticolo di 60 cm di lato. In ogni caso i piastrini non dovranno essere applicati negli incroci coincidenti con le sovrapposizione delle guaine. La posizione, sia del reticolo che dei piastrini sarà scelta dalla DL.
Le prove dovranno svilupparsi conducendo le seguenti operazioni:
1 - sabbiatura dei piastrini a metallo bianco
2 - incollaggio dei piastrini sulle guaine con apposito collante in grado di sopportare le tensioni di tiro richieste (al riguardo si suggeriscono resine epossidiche bicomponenti senza solventi).
3 - taglio della/e guaina/e intorno alla circonferenza dei piastrini dopo completa essiccazione del collante
4 - tiro dei piastrini con azione perpendicolare alla superficie incollata La tensione media di distacco delle guaine dal supporto, rilevata sui 6 provini, dovrà essere superiore a 0,1 N/mmq con valori minimi per ogni singolo provino non inferiori a 0,08 N/mmq.
Qualora il distacco dei piastrini dovesse avvenire per cedimento del collante, il valore di prova da considerare sarà il massimo valore rilevato qualora superiore a 0,1 N/mmq.
Se il distacco dovesse avvenire prima del raggiungimento di tale valore, si provvederà all'incollaggio di un nuovo provino.
Al termine delle prove, le zone in cui è avvenuto il distacco della guaina incollata ai piastrini dovranno essere ripristinate prevedendo una colata di asfalto fino all'estradosso dell'impermeabilizzazione ed un rappezzo con guaina da 4 mm di dimensioni 40 cm x 40 cm da applicare a caldo con fiaccola facendo attenzione che lo stesso sia centrato sulla zona di prova.
Se il distacco dei piastrini dovesse avvenire per cedimento del collante, occorrerà rimuovere il disco

di guaina isolato dal taglio per poi procedere al ripristino di cui sopra.

## 14.2. IMPERMEABILIZZAZIONE COSTITUITA DA MANTO IMPERMEABILE SINTETICO

In questo caso, l'impermeabilizzazione di impalcati viene ottenuta con la posa in opera di manto impermeabile sintetico eseguito con membrana continua ed omogenea realizzata in opera e costituita da elastomero poliuretanico senza solventi, plastificanti, inerti di carica e materiali bituminosi, spruzzata in un'unica soluzione mediante idonea apparecchiatura.
L'impermeabilizzazione non potrà essere eseguita in giornate di pioggia o neve o quando la temperatura atmosferica sarà inferiore a cinque gradi centigradi e fino a che le superfici non resteranno perfettamente asciutte.
Lo strato di impermeabilizzazione dovrà essere costituito da un formulato poliuretanico bicomponente, senza solvente con poliisocianato in quantità almeno pari al 43% in peso sul residuo secco, dovrà avere uno spessore minimo = 4 mm così da essere in grado di garantire una elevata protezione all'azione delle acque meteoriche, degli agenti aggressivi solidi e dei raggi U.V.; dovrà inoltre resistere all'abrasione ed al punzonamento.
La messa in opera del prodotto dovrà avvenire previo preparazione delle superfici da impermeabilizzare con sabbiatura, eventualmente preceduta da bocciardatura se la superficie, a giudizio della DL, risultasse fortemente irregolare e con una successiva spalmatura di Primer bicomponente poliuretanico senza solventi.
L'applicazione dello strato impermeabile dovrà essere eseguita a spruzzo con apparecchiature per prodotti bicomponenti dotate di pompe ad ingranaggi, serbatoi e tubi riscaldati e con il controllo elettronico dei rapporti di catalisi e miscelatore statico.
Il prodotto dovrà reagire in un tempo inferiore a 15 secondi e dovrà essere pedonabile dopo 5 minuti dall'applicazione.
La DL si riserva la facoltà di verificare lo spessore o con spessimetro ad applicazione ultimata o con ritagli del prodotto in fase di applicazione, ritagli che dovranno essere ricolmati prima della fine dell'intervento.
Ad applicazione ultimata il rivestimento dovrà presentare le caratteristiche di uniformità e dovrà risultare raccordato a rialzi e strutture complesse come: canalette, cordoli, montanti di ringhiere, ecc.

### 14.2.1. Caratteristiche dei materiali

14.2.1.1. Primer per membrana impermeabile

| | |
|---|---|
| Composizione: | Bicomponente poliuretanico, senza solventi compatibile con fondi umidi. |
| Massa volumica (componente A+ componente B): | 1,16 gr/cm2 |
| Viscosità: | 2400 c.p. |
| Quantità: | >300 ± 50 gr/$m^2$ |

14.2.1.2. Membrana impermeabilizzante

| | VALORE RICHIESTO | NORMA DI RIFERIMENTO |
|---|---|---|
| densita': | 1,0 ± 0,1 gr/cm$^3$ | ≥ UNI 7092/A |
| residuo secco: | 100% | |
| allungamento a rottura: | | |
| a temperatura ambiente | ≥ 250% | UNI 8202-8 |
| a -30℃: | ≥ 200% | UNI 8202-8 |
| modulo al 100%: | > 3 MPa | UNI 8202-8 |
| modulo al 200%: | > 5 MPa | UNI 8202-8 |
| carico di rottura: | > 6 MPa | UNI 8202-8 |
| durezza shore a: | 75±5 | UNI 4916 |
| resistenza alla propagazione della lacerazione | > 16 N/mm | UNI 8202-9 |
| resa elastica | > 7 % | UNI 8202-10 |
| abrasione: | < 220 mm$^3$ | UNI 8386 |
| adesione su calcestruzzo | ≥ 4 N/mm | UNI 8272-6 |
| adesione su calcestruzzo dopo invecchiamento per 96 ore a 70℃ | ≥ 4 N/mm | UNI 8272-6 |
| resistenza al punzonamento dinamico | PD 4 | UNI 8272-12 |
| temperatura limite di fragilità' | < -40℃ | ASTM D4092 - 83a |

| *prove da eseguire sulla zona di ripresa* | | |
|---|---|---|
| adesione fra stato e strato | ≥ 4N/mm | UNI 8272-6 |
| allungamento a rottura | ≥ 200% | UNI 8272-8 |
| carico di rottura | ≥ 6 MPa | UNI 8272-8 |
| resistenza ai raggi ultravioletti (dopo 400 ore di esposizione) | nessuna screpolatura | UNI 8202/29 |
| resistenza all'ozono (dopo 96 ore di esposizione) | nessuna screpolatura | UNI 6067-85 |
| caratteristiche elettriche resistenza a secco | a 500V: > 100 MΩ | CEI 15-23 |
| resistenza sotto pioggia | a 100 V: > 10 MΩ | CEI 15-23 |

### 14.2.2. Prove tecnologiche preventive

La membrana impermeabile dovrà essere sottoposta alle seguenti prove preventive (qualifica del prodotto), nel numero di provini appresso indicato.
- n° 3 provini ricavati dal campione tal quale per la determinazione della resistenza a rottura e dell'allungamento sia longitudinale che trasversale secondo UNI 8202-8;
- n° 3 provini, per ciascuna prova, per la determinazione della variazione percentuale del carico unitario di rottura e dell'allungamento a rottura dopo trattamento del materiale in:

1) stufa a 80 °C per 7 e per 14 giorni;
2) soluzione satura di cloruro di sodio per 7 e per 14 giorni;
3) olio ASTM 3 per 7 e per 14 giorni;
4) in frigo a –30 °C per 1 ora.

Le massime variazioni percentuali ammesse rispetto ai risultati delle prove condotte sul materiale tal quale (non trattato):

**Punto 1)**
- rottura dopo 7 giorni <5%
- allungamento dopo 7 giorni <5%
- rottura dopo 14 giorni <5%
- allungamento dopo 14 giorni <5%

**Punto 2)**
- rottura dopo 7 giorni <15%
- allungamento dopo 7 giorni <5%
- rottura dopo 14 giorni <15%
- allungamento dopo 14 giorni <5%

**Punto 3)**
- rottura dopo 7 giorni <35%
- allungamento dopo 7 giorni <25%
- rottura dopo 14 giorni <35%
- allungamento dopo 14 giorni <25%

**Punto 4)**
- rottura <40%
- allungamento <40%

- n° 3 provini, per ciascuna prova, per la determina zione della resistenza all'abrasione (UNI 8386) allo stato tale quale e dopo invecchiamento in stufa a 80°C per 7 e per 14 giorni;
- n° 3 provini, per ciascuna prova, per la determinazione della durezza SHORE A (UNI 4916);
- n° 3 provini, per ciascuna prova, per la determinazione della variazione della durezza SHORE A dopo trattamento del materiale in:

- stufa a 80 °C per 7 e per 14 giorni;
- soluzione di acido solforico al 20% per 7 e per 14 giorni;
- olio ASTM 3 per 7 e per 14 giorni;
- soluzione satura di cloruro di sodio per 7 e per 14 giorni.

- n° 3 provini per la determinazione della resistenz a alla punzonatura dinamica (UNI 8202-12);
- n° 3 provini per la determinazione della temperatu ra limite di fragilità (ASTM D 4092-83A); - n° 3 provini, per ciascuna prova, per la determina zione delle seguenti caratteristiche elettriche

secondo CEI 15-23:

- resistività (a secco e sotto pioggia);
- rigidità dielettrica (a secco e sotto pioggia).

- n° 3 provini, per ciascuna prova, per la determina zione dell'adesione della membrana impermeabile al supporto (UNI 8272-6) allo stato tal quale e dopo invecchiamento in stufa a 70°C per 96 ore;
- n° 3 provini, per ciascuna prova, per la determina zione dell'adesione nelle zone di sovrapposizione della membrana (UNI 8272-6) allo stato tal quale e dopo invecchiamento in stufa a 70°C per 96 ore;
- n° 3 provini per la determinazione dell'impermeabi lità all'acqua (UNI 8202-21);
- n° 3 provini per la determinazione della resistenz a ai raggi ultravioletti (UNI 8202-29);
- n° 1 placca (150 mm x 200 mm) per l'estrazione dei provini per la determinazione della resistenza all'ozono (UNI 6067). Le condizioni di prova dovranno essere quelle indicate nella norma CNR 10018-87 e cioè:

- concentrazione di ozono 50 p.p.c.m.
- allungamento imposto 20%
- temperatura di prova 40° C
- durata del trattamento 96 ore

### 14.2.3. Prove funzionali preventive

Le procedure di esecuzione delle prove di seguito indicate non sono standardizzate.
Devono pertanto essere predisposte dall'APPALTATORE nel rispetto degli obiettivi e dei criteri descritti e presentate preventivamente alla DL per approvazione.

14.2.3.1. Prova di scorrimento del ballast su membrana impermeabile.

Tale prova ha l'obiettivo di accertare i valori della resistenza allo scorrimento del pietrisco per massicciata sulla membrana e verificare che essi siano non inferiori a $R_s$= 12.5 kN/m su binario scarico e $R_s$= 60 kN/m sotto binario carico, per spostamenti relativi maggiori o uguali a di 2.0 mm. La legge costitutiva Resistenza-spostamenti di tipo elastoplastica con andamento elastico lineare dall'origine degli assi al punto (s=2,0 mm e $R_s$=R=$R_s$) seguito da un ramo plastico stabile.

14.2.3.2. Prova di compressione dell'intero pacchetto sottostante il binario

Si simula un carico statico e una ripetizione ciclica con vibrazione con onde sinusoidali alla frequenza di 30 Hz. Il carico unitario dovrà essere superiore o uguale a 10 kg/cm$^2$.
La durata delle prove dovrà essere non inferiore a 15 minuti nella prova statica e a 10 minuti nella prova a fatica ciclica con scarico non superiore al 25%. A conclusione di tale prova dovrà essere riscontrata la completa impermeabilità a fronte di una prova di tenuta effettuata simulando una pioggia battente con indice pluviometrico pari a 50 mm/h per tre ore.

### 14.2.4. Prove in corso d'opera

Durante la posa in opera del prodotto dovranno essere prelevate delle placche di materiale di dimensioni non inferiori a 50 x 50 cm su cui dovranno essere eseguite le seguenti prove da effettuarsi in contraddittorio tra la DL e l'APPALTATORE:

- Prova di resistenza a rottura e di allungamento a rottura, da effettuarsi su n° 3 provini

ricavati dal campione tal quale (norma di riferimento UNI 8202-8) .

- Prova di durezza SHORE A, da effettuarsi su n° 3 p rovini ricavati dal campione tal quale (norma di riferimento UNI 4916).

Inoltre dovranno essere eseguite prove di adesione della membrana sull'impalcato in cls rispettando le modalità e le frequenze indicate al paragrafo 7.1.5.3. per le guaine bituminose prefabbricate, con la sola variazione che il ripristino delle zone in cui sono stati incollati i piastrini metallici dovrà essere realizzato con lo stesso prodotto bicomponente, a catalisi rallentata, applicato a spruzzo oppure con colata manuale.
L'applicazione dovrà essere sempre preceduta da un'accurata pulizia della zona d'intervento e dalla stesa su di essa di una mano di primer per l'adesione del materiale di riporto.
Inoltre, sempre sull'impalcato, dovrà essere verificato lo spessore dello strato di membrana applicato, con prelievi da effettuarsi ogni 50 $m^2$, prima della completa polimerizzazione ed adesione del prodotto, avendo cura di ripristinare con le modalità suddette la zona del prelievo subito dopo l'estrazione del provino.
Infine, in caso di incertezze, la DL potrà richiedere ulteriori prove per una migliore caratterizzazione del prodotto .

## 14.3. COPRIGIUNTI

Potranno essere installati esclusivamente prodotti per i quali sia rilasciato un certificato di idoneità.
Per tutte le caratteristiche e le modalità di installazione di tali elementi, si rimanda al punto B della Istruzione 44e "Istruzioni tecniche per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti negli impalcati ferroviari" emessa nel 1996 dall' "ASA Servizi di Ingegneria delle FS".
Per verificare la funzionalità del coprigiunto, dovranno, inoltre, essere realizzate delle prove di tenuta all'acqua. Tali prove dovranno essere effettuate nei 3 – 4 giorni immediatamente precedenti la posa del ballast.
Per quanto riguarda le modalità di esecuzione della prova, su ogni coprigiunto dovranno essere irrorati 1000 litri di acqua nel tempo di 15 – 20 minuti avendo cura che questa venga distribuita uniformemente sia sull'intera lunghezza del coprigiunto sia sulle piattabande poste sui camminamenti.
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 fra la DL e l'APPALTATORE indicando, per le eventuali prove negative, sia i difetti riscontrati che i loro punti di ubicazione. In ogni caso, il buon esito delle prove non esimerà l'APPALTATORE dalla responsabilità per eventuali future perdite di tenuta dei coprigiunti derivanti da negligenze attuate sia prima che durante la posa del ballast.

## 15. IMPERMEABILIZZAZIONE DI MANUFATTI IN CLS

In alternativa ai sistemi di impermeabilizzazione degli impalcati ferroviari di cui al capitolo precedente, previo parere positivo da parte della DL, si potrà procedere alla impermeabilizzazione dell'**estradosso** di manufatti in conglomerato cementizio, interrati e non, quali le volta delle gallerie artificiali, ponti e viadotti, sottovia ecc. mediante:

- membrane elastiche continue in materiale sintetico;
- guaine bituminose;
- cappa di mastice di asfalto sintetico;
- bitume modificato con elastomeri ed armato;

Gli strati impermeabilizzanti, oltre che possedere permeabilità all'acqua praticamente nulla, devono essere progettati ed eseguiti in modo da avere:

- elevata resistenza meccanica, specie alla perforazione in relazione sia al traffico di cantiere che alle lavorazioni che seguiranno alla stesa dello strato impermeabilizzante;
- deformabilità, nel senso che il materiale dovrà seguire le deformazioni della struttura senza fessurarsi o distaccarsi dal supporto, mantenendo praticamente inalterate tutte le caratteristiche di impermeabilità e di resistenza meccanica;
- resistenza chimica alle sostanze che possono trovarsi in soluzione o sospensione nell'acqua di permeazione;
- durabilità, nel senso che il materiale impermeabilizzante dovrà conservare le sue proprietà per una durata non inferiore a quella della pavimentazione, tenuto conto dell'eventuale effetto di fatica per la ripetizione dei carichi;
- compatibilità ed adesività sia nei riguardi dei materiali sottostanti sia di quelli sovrastanti (qualora presenti);
- altre caratteristiche che si richiedono sono quelle della facilità di posa in opera nelle più svariate condizioni climatiche e della possibilità di un'agevole riparazione locale.

Le caratteristiche dell'impermeabilizzazione devono conservarsi inalterate:

- tra le temperature di esercizio che possono verificarsi nelle zone in cui il manufatto ricade e sempre, comunque, tra le temperature di -10° e + 60° C;
- sotto l'azione degli sbalzi termici e sforzi meccanici che si possono verificare all'atto della stesa delle pavimentazioni o di altri strati superiori.

Tutti i materiali per impermeabilizzazioni dovranno rispondere ai requisiti prescritti dalle rispettive Norme di accettazione. Strutture sovrastanti strati impermeabili dovranno essere eseguite dopo il perfetto consolidamento degli strati stessi.

L'esecuzione delle impermeabilizzazioni di qualsiasi genere dovrà essere eseguita con la massima accuratezza, specialmente in prossimità di fori, passaggi, canne, ecc.; il convogliamento di acque meteoriche ai pluviali sarà assicurato mediante idonei pezzi speciali fissati a livello della soletta in calcestruzzo mediante l'impiego di stucchi epossidici al manto impermeabile e muniti di griglia parafoglie.

L'impermeabilizzazione dovrà interessare anche le zone dei bocchettoni di scarico delle acque superficiali, ricoprendoli nell'area dei risvolti. Eventuali perdite che si manifestassero, sino a collaudo eseguito, dovranno essere sanate ed eliminate dall'APPALTATORE, a suo totale carico, compreso ogni lavoro di ripristino delle eventuali sovrastrutture. Particolare cura dovrà essere posta

nella preparazione delle superfici da impermeabilizzare; dovranno avere adeguate pendenze per un regolare sgrondo delle acque e presentarsi asciutte, sane, regolari, perfettamente pulite, esenti da olii, grassi, polveri e prive di residui di boiacca o di malta cementizia per assicurare una buona adesione del manto impermeabilizzante.
La pulizia sarà ottenuta mediante lavaggio con getti d'acqua in pressione per l'adeguato asporto delle parti incoerenti seguito da una energica soffiatura con aria compressa. La posa in opera di tutte le impermeabilizzazioni dovrà essere preceduta dalla preparazione della superficie, affinché il supporto sia libero da detriti ed altre irregolarità che possano arrecare danni per punzonamento al manto impermeabile, e comprenderà:

- eliminazione di eventuali asperità, dislivelli, grumi ed imperfezioni in genere mediante bocciardatura, spinta anche a fondo;
- stuccatura di eventuali lesioni o vespai;
- pulizia mediante lavaggio con acqua in pressione.

Per la posa della guaina in corrispondenza degli spigoli dei manufatti dovranno essere realizzate opportune “sgusce” in modo da raccordare le superfici ed evitare possibili fenomeni di punzona mento e lesioni.

## 15.1. MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE REALIZZATO CON MEMBRANA ELASTICA CONTINUA IN MATERIALE SINTETICO EPOSSIPOLIURETANICO SPRUZZATA IN OPERA

La superficie in calcestruzzo da trattare dovrà risultare priva di prodotti disarmanti, come residui di boiacca, di eventuali residui di impermeabilizzazione preesistente ed altro. A questo fine la superficie dovrà essere sabbiata e/o bocciardata, come pure quando siano stati eseguiti precedenti interventi di ripristino con l'impiego di betoncini o calcestruzzi reoplastici a ritiro compensato. A questi interventi preparatori dovrà seguire una accurata pulizia delle superfici interessate anche mediante idro lavaggi (preferibilmente in periodi caldi o asciutti) e conseguente energica soffiatura con aria compressa.

### 15.1.1. Primer di Adesione

Il primer di adesione dovrà essere costituito da base epossidica ed induritore poliaminoalifatico con solventi, per un residuo secco non inferiore al 60% in peso.

### 15.1.2. Membrana Impermeabilizzante Sintetica Elastica Continua Spruzzata in Opera

La membrana impermeabilizzante elastica continua dovrà essere costituita da un copolimero epossipoliuretanico con presenza attiva di un terzo polimero elastomerico. Il prodotto deve polimerizzare entro le 24 h dal termine della stesa alle condizioni di temperatura T = 278 K.
Il materiale applicato dovrà, a polimerizzazione avvenuta, avere le seguenti caratteristiche chimicofisiche:

- Densità relativa (riferita al prodotto A + B polimerizzato): 1,15 ± 0,05 kg/dm2 (UNI 89 - 1970).
- Durezza superficiale: 90 ± 5 Shore "A" (UNI EN ISO 868:2005).
- Resistenza a sollecitazione per trazione: minimo 6 Mpa (UNI EN 12311-1:2002)

• Allungamento percentuale a trazione: minimo 80% (UNI EN 12311-1:2002)
• Elasticità: massimo 15% (verificata come deformazione residua a trazione) (UNI EN 12311-1:2002)
• Resistenza alle basse temperature: integrità per avvolgimento su mandrino cilindrico fino a T= 253 K (UNI EN 1109:2002)

Adesione al supporto cementizio: m.mmo 3 Mpa e per valori inferiori purché risulti una rottura coesiva del supporto (riferito alla superficie di prova) almeno pari al 60% della superficie (ASTM 2197-68).

### 15.1.3. Modalità di Applicazione

Si provvederà al fine di garantire una perfetta adesione tra membrana e supporto alla stesa del "primer" applicato mediante spruzzo "airless" e con adeguata apparecchiatura, in quantità comprese tra 0,20 e 0,25 kg/m$^2$.
Tale stesa si dovrà estendere a tutta la superficie interna dei cordoli ed anche sulla superficie orizzontale degli stessi. Sulla superficie così pretrattata si dovrà procedere all'applicazione della membrana epossipoliuretanica elastomerica mediante idonee apparecchiature automontate ed automatiche che garantiscano, oltre che potenzialità di lavoro adeguata, il controllo dei quantitativi di stesa. La realizzazione della membrana dovrà essere fatta mediante l'applicazione di un quantitativo di prodotto medio di 2,9 +3,1 kg/m$^2$ (spessore secco 2,5 mm) tale da garantire una elevata protezione all'azione delle acque meteoriche e degli agenti aggressivi in soluzione (sali fondenti antigelo). La sua adesione al primer non dovrà essere inferiore a quella di quest'ultimo alla soletta.
La posa in opera dell'intero ciclo impermeabilizzante non verrà effettuata quando, le condizioni metereologiche saranno tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 5°C. Non prima di 12 h dal termine della stesa della membrana impermeabile, nel caso di temperature = 5°C, dovrà seguire l'accurata ed uniforme applicazione della mano di attacco e di collegamento alla pavimentazione nella quantità di 0,8 kg/m$^2$.
Il manto dovrà essere transitabile, senza distacchi e perforazioni, dal normale traffico di cantiere (escluso quello cingolato) e dovrà risultare impermeabile, dopo la stesa su di esso dei conglomerati bituminosi, sotto una pressione di 1 Mpa in permeametro, a 333 K per 5 h, anche nelle zone di giunto.

## 15.2. GUAINE BITUMINOSE

I materiali da usare e le modalità di messa in opera saranno i seguenti:

- pulizia delle superfici: sarà sufficiente una buona pulizia con aria compressa e l'esportazione delle asperità più grosse eventualmente presenti, sigillature e riprese dei calcestruzzi non saranno necessarie; la superfici dovranno essere asciutte;
- Il primer di adesione alle superfici in conglomerato cementizio sarà costituito da soluzioni in opportuni solventi selettivi di bitume polimerizzato, a medio punto di rammollimento (P.A. 358-363 K).

Il primer dovrà essere steso mediante spazzoloni e potrà essere dato anche a spruzzo, su superfici asciutte, prive di residui di lavorazione, oli grassi e polveri, o rese tali. La quantità del primer messo in opera sarà compresa tra 350-500 g/m2.
La messa in opera delle guaine dovrà essere effettuata solo dopo completa evaporazione del

solvente.

- tipo di guaina: sarà preformata, di spessore complessivo pari a 4 mm, l'armatura dovrà avere peso non inferiore a 250 g/m2 e resistenza non inferiore a 1000-1200 N/5cm, ed una flessibilità a freddo a –10 °C, i giunti tra le guaine dovranno avere sovrapposizioni di almeno 5 cm e dovranno essere accuratamente sigillati con la fiamma e spatola meccanica;
- resistenza a punzonamento della guaina o dell'armatura (modalità A1 o $G_a$): non inferiore a 10 Kg;
- resistenza a trazione (modalità $G_2$ L e $G_2$T): 8 Kg/ cm.

La massima cura dovrà essere seguita nella sistemazione delle parti terminali della guaina in modo da impedire infiltrazioni d'acqua al di sotto del manto; la Direzione dei Lavori potrà richiedere l'uso di maggiori quantità di massa bituminosa da spandere sul primer per una fascia almeno di 1 metro in corrispondenza di questi punti, o altri accorgimenti analoghi per assicurare la tenuta. Una certa attenzione dovrà essere osservata nella fase di rinterro, evitando di usare a diretto contatto della guaina rocce spigolose di grosse dimensioni.

### 15.2.1. Prove di Accettazione

Le prove da eseguire sulle guaine impermeabili riguarderanno sia il prodotto in fornitura che il prodotto applicato. Le prove sul prodotto in fornitura consisteranno in una serie di prove di caratterizzazione del prodotto stesso, mentre le prove sul prodotto applicato consisteranno in una prova di adesione al supporto, preventivamente trattato con primer.

#### 15.2.1.1. Prove Tecnologiche di caratterizzazione

Le prove di caratterizzazione da effettuare e le relative norme di riferimento saranno le seguenti:

| | |
|---|---|
| - resistenza a trazione longitudinale e trasversale | UNI EN 12311-1:2002/12311-2:2002 |
| - allungamento a rottura | UNI EN 12311-1:2002/12311-2:2002 |
| - stabilità di forma a caldo | UNI EN 1110:2006 |
| - flessibilità a freddo | UNI EN 1109:2002,UNI EN 495-5:2002 |
| - impermeabilità all'acqua | UNI EN 1928:2002 |
| - massa aerica | UNI EN 1849-1:2002/1849-2:2002 |
| - stabilità dimensionale a caldo | UNI EN 1107-1:2002/1107-2:2002 |
| - lunghezza | UNI EN 1848-1:2002/1848-2:2002 |
| - larghezza | UNI EN 1848-1:2002/1848-2:2002 |
| - spessore | UNI EN 1849-1:2002/1849-2:2002 |
| - resistenza alla lacerazione | UNI EN 12310-2:2002 |
| - resistenza al punzonamento statico | UNI EN 12730:2002 |
| - temperatura di rammollimento | ASTM D36 |
| - resistenza all'ozono | UNI EN 1844:2002 |

Le prove verranno eseguite sotto il controllo della DL che provvederà, a sua discrezione, ai prelievi in corso d'opera dei campioni da inviare in laboratorio.

#### 15.2.1.2. Prove funzionali

Le prove funzionali da eseguire consisteranno in prove di strappo delle guaine bituminose già poste in opera. Dette prove dovranno essere condotte in presenza del personale della D.L. e consisteranno nell'incollaggio sulle guaine bituminose di alcuni piastrini metallici circolari, di diametro 100/150

mm e nel tiro di detti piastrini con apposita apparecchiatura in grado di fornire la tensione di tiro. Il numero di piastrini da applicare è il seguente:
- 4 piastrini ogni 5000 metri quadri di guaina posta in opera e comunque uno ogni parte d'opera;

Le prove dovranno svilupparsi conducendo le seguenti operazioni:
- Sabbiatura dei piastrini a metallo bianco;
- Incollaggio dei piastrini sulle guaine con apposito collante in grado di sopportare le tensioni di tiro richieste;
- Taglio delle guaine intorno alla circonferenza dei piastrini dopo la completa essicazione del collante;
- Tiro dei piastrini con azione perpendicolare alla superficie incollata.

Il valore medio della tensione ricavata per ogni opera dovrà essere superiore a 0.1 MPa, con valori minimi su ogni singolo provino non inferiori a 0.08 MPa.
Qualora il distacco dei piastrini dovesse avvenire per cedimento del collante, la prova dovrà essere ripetuta a meno che il valore, al momento del cedimento, sia superiore a 0.08 MPa. Al termine della prova le zone dove è avvenuto il distacco della guaina incollata ai piastrini dovranno essere opportunamente ripristinate.

## 15.3. CAPPA DI MASTICE DI ASFALTO SINTETICO PER MANUFATTI IN C.A.P.

### 15.3.1. Materiali

L'impermeabilizzazione degli impalcati delle opere d'arte potra essere realizzata mediante applicazione per colata di cappa di mastice di asfalto sintetico di spessore finito non inferiore a 10 mm. Il mastice d'asfalto dovrà avere la seguente composizione:
<u>Legante:</u>
dovrà essere costituito da una miscela di bitume 40/50 e Trinidad Epureè o tipo similare, in rapporto di 5 a 2 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 aggregati (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 $-0,1<IP<+0,1$ calcolato secondo la formula:
$IP = (20u - 500v)/(u + 50v)$
in cui:

v = log 800 - log penetrazione a 298 K;
u = temperatura di P. e A. in K detratti 298 K;
<u>Filler:</u>
dovrà essere passante totalmente al setaccio 0,18 UNI (ASTM n 80) e per il 90% al setaccio UNI 0,075 (ASTM n 200 granulometria da effettuare per via umida) contenuto per il 30-35% in peso sulla miscela degli aggregati. Il suo potere stabilizzante dovrà essere tale che la miscela di bitume 40/50 e filler, nel rapporto in peso di i a 2, dovrà avere un punto di rammollimento P. e A. di

almeno 15 K superiore a quello del bitume puro;
Sabbia:
dovrà essere totalmente passante al setaccio 2,5 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 UNI) , contenuta per il 65-70% in peso sulla miscela degli aggregati;
Miscela finale:
la parte lapidea della miscela (sabbia + filler) dovrà avere una percentuale di vuoti (V) compresa tra il 18 ed il 23%. Il legante totale dovrà saturare tutti gli spazi vuoti, garantendo inoltre una eccedenza compresa tra il 5% ed il 7% (Vb - V = 5 - 7 in cui Vb, è la percentuale in volume del legante sulla miscela finale). Il mastice completo, confezionato nel rispetto delle Norme sopra esposte, dovrà avere nelle prove di laboratorio un punto di rammollimento alla prova WILHELMI (Norma DIN 1966) compreso tra 373 e 388 K.
Alla stessa prova il mastice prelevato al confezionamento o alla stesa dovrà presentare valori compresi tra 373 e 403 K.
L'APPALTATORE 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 previste nelle presenti Norme. 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.
La miscela posta in opera dovrà essere costituita da uno strato continuo e uniforme su tutta la superficie, con spessore minimo di 10 mm. 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.

### 15.3.2. Modalità di Applicazione

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.
Eventuali punti singolari dovranno essere stuccati e sigillati con idonee malte o stucchi epossidici.
Seguirà la stesa di un idoneo primer che potrà essere costituito, da emulsione bituminosa al 50-55% o da soluzione di bitume polimerizzato, a medio punto di rammollimento (P.e A. 358-363 K), in opportuni solventi selettivi additivati di miscele di butadieni, in modo da consentire un aumento del 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 stesso ed una sua elevata penetrazione nella soletta.
Le quantità da stendere saranno di 0,5-0,7 $Kg/m^2$ nel primo caso e di 0,35-0,50 $Kg/m^2$ nel secondo.
Sul primer verrà posto in opera, dopo evaporizzazione dell'acqua o del solvente, il mastice di asfalto sintetico, mediante colamento del materiale a temperatura' di 473 K (±10 K); 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 le condizioni meteorologiche siano tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 275 K. Il mastice asfaltico dovrà essere steso, per quanto possibile, in uno strato regolare e di spessore costante. Sulla parete interna dei cordoli dovrà essere applicata a caldo, previa mano di primer di ancoraggio, una guaina bituminosa preformata dello spessore di 4-5 mm, avente i requisiti di cui al paragrafo dedicato alle guaine bituminose preformate armate, armata con geotessile non tessuto in poliestere del peso non inferiore a 250 g/m$^2$.
La guaina dovrà essere risvoltata per almeno 25 cm rispettivamente sulla cappa di mastice di asfalto e sul coronamento di cordolo. In corrispondenza al punto d'incontro soletta-coronamento sarà curata la sede di appoggio della guaina come da dettagli indicati nel punto successivo. In alternativa al sistema con le guaine potrà essere usato un cordone preformato in mastice bituminoso del tipo TOK-BAND a sezione rettangolare, da far aderire con fiamma in corrispondenza al punto d'incontro soletta-coronamento e che si sciolga con il calore stesso dell'impermeabilizzazione. I bocchettoni in corrispondenza dei fori di scarico per i pluviali dovranno essere fissati a livello della soletta in conglomerato cementizio con degli stucchi epossidici ed il mastice di asfalto dovrà giungere fino al bordo del foro, coprendo cosi i risvolti del bocchettone stesso. Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei conglomerati cementizi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la Direzione Lavori prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso. In ogni caso si dovrà avere cura che la temperatura dello strato bituminoso, a contatto del manto impermeabile, all'atto della stesa, sia almeno di 413 K in modo da ottenere la sigillatura di eventuali fori presenti nello strato di mastice d'asfalto.

### 15.3.3. Modalità di Preparazione del Mastice di Asfalto Sintetico

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. Per ottenere degli impasti perfettamente omogenei, potrà essere eseguita una delle seguenti procedure, a seconda del tipo di impianto a disposizione:

15.3.3.1. Procedura l:

a) premiscelazione degli aggregati, compreso il filler, a temperatura di 483-503 K;
b) aggiunta del bitume nella corretta percentuale, anche esso preventivamente portato alla temperatura di 423-433 K;
c) mescolazione dell'impasto per almeno 5 min;
d) scarico dell'impasto in una apposita caldaia (cooker) coibentata, munita di sistema di riscaldamento e di apposito agitatore;
e) mescolazione dell'impasto nella caldaia, per un tempo non inferiore a 30 min, alla temperatura di 473-483 K onde ottenere l'intima miscela del bitume col filler.

15.3.3.2. Procedura 2:

a) introduzione nella caldaia del filler e del bitume, dosati separatamente a peso, e miscelazione alla temperatura di 473 K per almeno 30 min, fino ad ottenere l'intima miscelazione del bitume col filler;
b) aggiunta delle sabbie preventivamente asciugate e riscaldate e mescolamento a temperatura

di 473-483 K, fino ad ottenere un impasto perfettamente omogeneo ed uniforme.
La procedura da adottare sarà scelta subordinatamente alla preventiva autorizzazione della Direzione Lavori, in ambedue i metodi di confezionamento occorre che le apparecchiatura 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. Qualora la confezione non venga fatta sul luogo della messa in opera, il trasporto del mastice verrà effettuato con caldaie mobili (bonze), munite anch'esse di agitatore meccanico e apposito impianto di riscaldamento.

## 15.4. MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE CONTINUO REALIZZATO IN OPERA CON BITUME MODIFICATO CON ELASTOMERI ED ARMATO CON TESSUTO NON TESSUTO

### 15.4.1. Materiali

Il manto impermeabile continuo sarà costituito dai seguenti materiali:

- Primer, dovrà essere impiegato bitume con modifica tipo "soft" spruzzato a caldo a temperature non inferiori a 453K (± 10 K);
- Legante, sarà costituito da doppio strato si bitume modificato con polimeri di tipo C.

Il primo strato sarà sottoposto all'armatura e dovrà avere spessore non inferiore a 2,00 mm in alcun punto.
Il secondo strato sarà sovrapposto all'armatura e dovrà avere spessore non inferiore a 1,00 mm in alcun punto.
- Armatura, sarà costituita da tessuto non tessuto in poliestere o polipropilene coesionato mediante agugliatura meccanica, calandrato e stabilizzato ai raggi UV. Non è ammesso in nessun caso tessuto non tessuto realizzato da cascami o da fiocco.
Le caratteristiche del geotessile dovranno essere:
- Peso del tessuto non tessuto ≥ 200 g/m$^2$;
- Resistenza alla rottura per trazione e allungamento a rottura, a 293 K non inferiore a 400 N (ASTM-D 1682);
- Perfetta adesione ed impregnabilità con le masse bituminose descritte in precedenza.
- I sormonti dell'armatura saranno non inferiori a 15,00cm.

### 15.4.2. Modalità Esecutive

Si provvederà al fine di garantire una perfetta adesione tra manto impermeabile e supporto, alla stesa del primer applicato mediante spruzzo "airless" e con adeguata apparecchiatura.
Sulla superficie cosi pretrattata verrà realizzato il manto impermeabile costituito da una armatura di tessuto non tessuto applicato sulla mano di legante steso in precedenza, nella quantità minima di 1,0 ÷ 1,5 kg/m$^2$ , curando la perfetta adesione in ogni punto e la tenuta dei giunti (sormonti) di costruzione.
Successivamente, dopo la stesa del tessuto non tessuto, verrà applicata una seconda mano di legante. La sua adesione al primer non dovrà essere inferiore a quella di quest'ultimo alla soletta.
Il manto dovrà essere transitabile, senza distacchi e perforazioni, dal normale traffico di cantiere (escluso quello cingolato) e dovrà risultare impermeabile dopo la stesa e la compattazione su di esso

dei conglomerati bituminosi, sotto una pressione di 1 MPa in permeametro, a 333 K, per 5 h, anche nelle eventuali zone di giunto.

## 15.5. SPECIFICHE DI CONTROLLO

Prima di procedere alle operazioni di posa in opera delle impermeabilizzazioni, l'APPALTATORE dovrà presentare alla D.L. la documentazione relativa alle certificazioni delle prove di prequalifica, in accordo a quanto indicato nel presente articolo. La documentazione dovrà essere trasmessa alla D.L. prima della messa in opera dell'impermeabilizzazione.

## 15.6. PROVE DI ACCETTAZIONE

Tali prove saranno effettuate in sede di prequalifica, e durante la posa in opera per ogni 5000 $m^2$ di manto realizzato. Tali prove potranno essere ripetute ad ogni richiesta della Direzione Lavori sui materiali approvvigionati in cantiere.

## 15.7. CONTROLLI SULLA POSA IN OPERA

Durante le fasi di posa in opera, che avverrà secondo le indicazioni riportate nel presente articolo, si dovranno effettuare i controlli indicati nei precedenti paragrafi, nonché dei controlli di seguito riportati.

A) Manti realizzati in opera

- verifica delle condizioni ambientali;
- verifica della pulizia delle superfici di applicazione;
- verifica della omogeneità di distribuzione del mastice;
- verifica delle certificazioni, di cui al corrispondente punto per i materiali impiegati;
- verifica degli spessori;
- verifica della miscela alla composizione prevista.

B) Manti in guaine preformate

- verifica delle condizioni ambientali;
- verifica della pulizia e regolarizzazione delle superfici delle superfici di applicazione;
- verifica della omogeneità di distribuzione del primer;
- verifica delle certificazioni, di cui al corrispondente punto per i materiali impiegati;
- verifica degli spessori.

Al fine di verificare la corretta adesione della guaina al cls, la Direzione Lavori potrà ordinare, prove di adesione eseguite sul manto impermeabile prima della formazione della pavimentazione.
Le prove saranno effettuate in presenza della DL.
Le prove saranno eseguite in ragione di almeno una piastrina metallica di diametro compreso tra 5,00 e 10,00 cm ogni 5000 metri quadri di materiale posto in opera.
Le piastrine saranno incollate in punti scelti dalla DL ubicati su un reticolo cartesiano di lato non inferiore a 200 cm. 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 0,08 MPa
• il valor medio di tutte lo prove dovrà essere superiore a 0,10 MPa.
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. Al termine della prova le aree distaccate dovranno essere ripristinate con colata di asfalto fino all'estradosso del manto e successivamente con un rappezzo di guaina 40x40cm applicata a caldo. Le prove e gli eventuali ripristini e demolizioni della impermeabilizzazione, nonché i ripristini della impermeabilizzazione sottoposta a test, saranno a cura ed onere dell'APPALTATORE.

# 16. TECNICHE DI INTERVENTO PER IL RISANAMENTO DI VIADOTTI.

## 16.1. GENERALITA'

Nell'ambito di un processo di riparazione ingegnerizzato e razionalizzato, l'indagine costituisce la fase chiave e la sua importanza è sottolineata anche dalle Norme UNI EN 1504. Esse consentono di individuare la natura e le conseguenze dei processi di degrado,in particolare la profondità di contaminazione del calcestruzzo: conoscendo tali aspetti, si effettua la scelta delle tecniche di intervento e si individuano le proprietà dei prodotti da impiegare.
Inoltre, anche dal punto di vista economico, l'indagine e la successiva interpretazione dei risultati costituiscono le fasi più importanti dell'intervento, poiché permettono di impegnare correttamente le risorse ottenendo nel contempo un ripristino mirato e durevole, così da evitare il "restauro del restauro".
Le strutture, sotto l'effetto dei grossi cicli di carico dovuti al traffico, ai fenomeni alluvionali, agli agenti atmosferici, ma anche a causa dei gas presenti nell'aria, vengono impegnate sotto l'aspetto della durabilità in maniera critica. Questo vuol dire che la loro conservazione e nei casi peggiori anche la loro sicurezza statica viene messa in serio pericolo.
Una delle parti fondamentali per una corretta valutazione del degrado è l'ispezione visiva che individua le cause evidenti dell'ammaloramento:

- intensità della circolazione;
- ambiente aggressivo;
- fattori climatici;
- carichi eccessivi;
- urti occasionali;
- inadeguato sistema di smaltimento delle acque meteoriche.

Gli impalcati ferroviari e stradali subiscono sopra a tutte le altre cause, gli effetti dovuti agli agenti atmosferici e quelli dovuti alla presenza di acqua in genere. Le acque meteoriche, più o meno inquinate, sono molto aggressive sul calcestruzzo così come i cicli termici all'interno sia della giornata che nelle diverse stagioni.
Il degrado del calcestruzzo si manifesta in molti modi, con lo sgretolamento progressivo delle parti superficiali, con la corrosione dei ferri di armatura e la conseguente formazione di ruggine, con il rigonfiamento della parte corticale del calcestruzzo, ecc.
Il degrado si manifesta oltre che per svariate cause anche in tempi molto differenti, per questo motivo la valutazione deve essere fatta periodicamente e in modo rigoroso su tutte le parti dell'opera, così da individuare le operazioni di manutenzione sia ordinaria che straordinaria.
Di seguito vengono riportate le metodologie per il ripristino di ponti e viadotti:

- Preparazione del sottofondo;
- Protezione dei ferri d'armatura;
- Posizionamento di nuova armatura;
- Ripristino del calcestruzzo con malte di ripristino tipo tissotropiche;
- frattazzatura o staggiatura;
- stagionatura;
- Protezione e decorazione delle superfici in calcestruzzo.

Ognuna di queste voci comprende diversi tipi di prodotti, tutti adatti a raggiungere lo scopo, la scelta di uno tra questi dipende dalle esigenze della committenza, dagli spessori da ripristinare, dall'organizzazione del cantiere, ecc.
Perché un ripristino sia efficace e durevole non è sufficiente avere a disposizione i prodotti per effettuare l'intervento. Il degrado di una struttura può essere l'effetto di diverse e molteplici cause e solo conoscendole a fondo si è sicuri di eseguire un intervento resistente e duraturo.
A questo riguardo la diagnosi del degrado ricopre una posizione fondamentale nell'elenco di operazioni da eseguire.
Con un'attenta e oculata analisi della struttura è possibile, oltre che strettamente necessario, definire il tipo di aggressione, la profondità di penetrazione degli agenti inquinanti e le caratteristiche del calcestruzzo presente. Dopo aver eseguito queste operazioni è possibile realizzare il ripristino.

***Figura 9.1 - Viadotto Km 70+614***

***Figura 9.2 –Viadotto Km 70+614 - Pila***

Nel caso specifico del Viadotto al km 70+614, la causa che ha portato al degrado della parte corticale in calcestruzzo delle pile e delle spalle, è da attribuire essenzialmente alla mancanza o inefficacia dell'impermeabilizzazione e dei giunti trasversali dell'impalcato, circostanza questa che comporta ed ha comportato, durante gli eventi piovosi, il continuo percolamento della acqua meterologica sulla faccia esterna delle pile e delle spalle, ciò, evidentemente, è la causa scatenante del processo di carbonatazione ed ossidazione dei ferri di armatura.
La ossidazione del ferro di armatura, dal canto suo, ha prodotto il suo incremento di volume ha provocato la espulsione del copri ferro, che durante la operazione di ripristino dovrà essere ricostruito, previo trattamento passivante della armatura con idonea malta.

*Figura 9.4 - degrado corticale*

*Figura 9.5 - degrado corticale*

Analogo trattamento protettivo verrà eseguito per ripristinare anche sul fornte della veletta che in
henologia della

*Figura 9.6 - veletta*

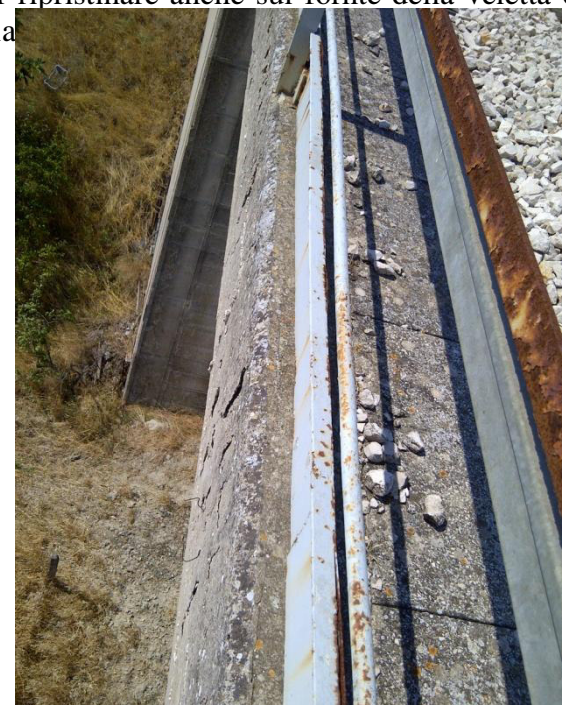


*Figura 9.7 - veletta*

## 16.2. REQUISITI E METODI DI PROVA DEI MATERIALI

Un materiale per il ripristino di strutture in calcestruzzo deve possedere i seguenti requisiti fondamentali.

• *Elevata compatibilità con il calcestruzzo di supporto*:

- Espansione contrastata a 24 ore con maturazione in aria: la perfetta compatibilità con il calcestruzzo di supporto si ha utilizzando malte e betoncini ad espansione contrasta con maturazione in aria, la cui espansione iniziale consentirà di compensare il ritiro che i materiali cementizi svilupperanno inevitabilmente all'evaporazione di parte dell'acqua d'impasto. Per garantire in opera la monoliticità tra vecchia struttura e materiale utilizzato per il ripristino è necessario che quest'ultimo sia in grado di fornire buoni valori di espansione contrastata a 24 ore e con maturazione all'aria.
- Aderenza al calcestruzzo indurito: l'adesione tra vecchia struttura e materiale di ripristino deve essere elevata e risultare almeno uguale alla resistenza a trazione del calcestruzzo indurito. - Resistenza meccanica: la resistenza meccanica alla compressione, trazione e flessione deve risultare simile a quella del calcestruzzo di supporto e maggiore quando si eseguono interventi di adeguamento strutturale.
- Modulo elastico: per interventi di spessore centimetrico il modulo elastico del materiale diripristino deve essere simile a quello del calcestruzzo di supporto. Per interventi millimetrici, specialmente per le zone inflesse, il modulo elastico deve essere = 16.000 MPa.

• *Elevata compatibilità con l'ambiente d'esercizio*:

I materiali utilizzati per ripristinare strutture degradate devono possedere una resistenza agli agenti esterni superiore a quella del calcestruzzo di cui l'opera è costituita. La capacità del materiale, da ripristino, di resistere agli agenti aggressivi presenti nell'ambiente, si riferisce principalmente all'acqua liquida, agli ioni Cl-, all'anidride carbonica, ed all'ossigeno, che

partecipano attivamente ai processi di corrosione; nei riguardi di queste sostanze lo spessore del materiale da ripristino applicato deve naturalmente risultare il più possibile impermeabile. Per concentrazioni di $CO_2$ molto elevate (> 1000 ppm) o quando si fa uso di sali decongelanti sarà necessario proteggere la struttura con uno specifico sistema protettivo filmogeno. I materiali utilizzati per il ripristino devono garantire anche la massima continuità della superficie esterna in modo da non favorire l'ingresso delle sostanze aggressive.

- *Resistenza alla fessurazione da ritiro plastico*:
  il materiale per il ripristino deve contenere fibre sintetiche poliacrilonitrili nella misura e del tipo adatto a contrastare il verificarsi delle fessure durante le prime ore dopo l'applicazione
- *Resistenza alla fessurazione da ritiro igrometrico:*
  per garantire la curabilità del ripristino il materiale di apporto deve avere una elevata resistenza alla fessurazione a lungo termine; la causa di tali stati fessurativi è il ritiro igrometrico, per questo motivo è fondamentale utilizzare materiali ad espansione contrastata in aria che garantiscano, nelle condizioni di esercizio, la compensazione del ritiro igrometrico.
- *Resistenza alla carbonatazione*:
  requisito indispensabile per evitare il degrado per corrosione delle armature dovuta alla carbonatazione, la conseguenza di questo processo è l'abbassamento del pH della pasta cementizia che diventa incapace di passivare le armature.
- *Impermeabilità ai cloruri:*
  i cloruri sono l'altro fattore che causa la corrosione delle armature, gli ioni Cl-, penetrando nel calcestruzzo, arrivati all'armatura bucano lo strato di ossido esistente e corrodono localmente le armature.
- *Resistenza a cicli di gelo-disgelo:*
  requisito fondamentale per le strutture in zone montane dove la temperatura oscilla sopra e sotto lo zero e quando vi sono condizioni ambientali che rendono il calcestruzzo umido.
- *Impermeabilità all'acqua:*
  la presenza d'acqua favorisce tutti i processi di degrado, una elevata impermeabilità è sinonimo di ridotta porosità del conglomerato.

## 16.3. ACCETTAZIONE E SPECIFICHE PRESTAZIONALI DEI MATERIALI PER INTERVENTI DI RIPRISTINO.

Prima che i materiali proposti dall'Appaltatore siano impiegati, la Direzione Lavori dovrà verificare che siano tra quelli omologati all'uso da parte del Committente, in base a prove dirette od a seguito dell'esame di prove eseguite presso Laboratori Ufficiali.
L'Appaltatore, prima dell'inizio dei lavori, dovrà fornire alla Direzione Lavori la documentazione tecnica per la qualifica dei materiali che intende impiegare, dimostrando la piena rispondenza ai requisiti ed alle prestazioni richieste (dichiarazione rilasciata dal Produttore).
La Direzione Lavori in tempo utile rispetto al programma lavori esprimerà il suo parere, potendo comunque prescrivere l'esecuzione di prove su campioni di materiali prelevati in contraddittorio. Saranno altresì richieste, con le stesse modalità, verifiche su campioni di materiale di normale fornitura e dichiarazioni che attestino le prestazioni specifiche delle partite di materiale, che sono consegnate di volta in volta dalle Società Produttrici.
Le Società Produttrici devono possedere certificazione di qualità ai sensi della normativa UNI EN ISO 9001 e possedere un manuale della Qualità. La Direzione Lavori su indicazione del

Committente, potrà richiedere che il Produttore fornisca, congiuntamente al materiale, una dichiarazione che attesti le prestazioni specifiche della partita di materiale che è consegnata di volta in volta.

## 16.4. PREPARAZIONE DEL SOTTOFONDO

L'intervento di preparazione delle superfici in conglomerato cementizio su pareti verticali esterne di pile e spalle dovrà essere scelto in modo da renderle atte ad essere ripristinate, rimuovendo le parti in fase di rigonfiamento o distacco degradate, ripulendo dall'ossidazione superficiale le armature metalliche che risulteranno scoperte senza comprometterne la stabilità strutturale.
In generale, ogni superficie in calcestruzzo che deve essere ripristinata necessita della preparazione del sottofondo. A seconda della zona e del tipo d'intervento si valuterà il tipo di demolizione da effettuare.
Le superfici da ripristinare dovranno essere preparate asportando completamente il calcestruzzo ammalorato mediante scalpellatura a mano o meccanica o con altri mezzi idonei quali l'idroscarifica al fine di ottenere un supporto solido, esente da parti in distacco e sufficientemente ruvido. Qualora la rimozione del calcestruzzo ammalorato sia stato eseguita mediante scalpellatura a mano o meccanica sarà necessario eseguire la spazzolatura dei ferri d'armatura affioranti oppure procedere all'idrosabbiatura al fine di rimuovere la ruggine presente e portare la superficie a metallo bianco.
L'idrosabbiatura non è necessaria, qualora la preparazione della superficie sia stata effettuata mediante idroscarifica, ma si rende necessaria quando trascorre un elevato intervallo di tempo da tale operazione a causa di particolari esigenze organizzative di cantiere, prima del trattamento dei ferri d'armatura.
Eventuali ferri d'armatura che fossero tagliati, danneggiati o fortemente corrosi, dovranno essere sostituiti mediante la posa in opera di nuova armatura.
La superficie del calcestruzzo di supporto dovrà risultare macroscopicamente ruvida (asperità di circa 5 mm di profondità) allo scopo di ottenere la massima aderenza tra il nuovo ed il vecchio materiale.

#### 16.4.1.1. Scalpellatura a mano o meccanica e spazzolatura dei ferri d'armatura

Questa attività consiste nella asportazione corticale del conglomerato cementizio ammalorato, eseguita mediante scalpellatura a mano o meccanica, atta ad asportare tutto il calcestruzzo degradato e/o preparare la zona di attacco fra vecchi e nuovi getti, senza compromettere l'integrità e l'ancoraggio dei ferri d'armatura messi a nudo nonché l'integrità strutturale del calcestruzzo limitrofo non demolito. Successivo trattamento di pulizia dei ferri d'armatura affioranti, mediante spazzolatura a mano o meccanica, atta a rimuovere ed asportare ossidazioni, aggressivi chimici, parti superficiali incoerenti ed eventuali residui di oli, grassi, sporco e in generale qualsiasi altro materiale contaminante, fino a portare la superficie a metallo bianco.
Compresi e compensati nel prezzo per dare il lavoro finito a regola d'arte:

- oneri per l'adozione di tutte le precauzioni necessarie per evitare danni alle strutture anche laddove vi è la presenza di impianti di servizio da proteggere durante l'esecuzione dei lavori;
- idonea attrezzatura demolitrice;
- onere dell'esecuzione da piattaforme mobili;

- sistemazione dei ferri di armatura a demolizione avvenuta (riposizionamento dei ferri con nuove legature e spessorazioni);
- energica soffiatura con aria compressa o con acqua in pressione sulle superfici del calcestruzzo trattato;
- pulizia del piano calpestabile, carico e trasporto a discarica autorizzata dei materiali di risulta.

16.4.1.2.Idrosabbiatura

Rappresenta il trattamento di pulizia delle superfici in calcestruzzo o dei ferri d'armatura affioranti, mediante idrosabbiatura con impiego di sabbia silicea, al fine di rimuovere ed asportare ossidazioni, aggressivi chimici, parti superficiali incoerenti ed eventuali residui di oli, grassi, sporco e in generale qualsiasi altro materiale contaminante, fino a portare le superfici dei ferri a metallo bianco (grado SA 2½) (ISO 8501-1), necessaria qualora la operazione di spazzolatura dei ferri di armatura risulti insufficiente.

16.4.1.3.Idrolavaggio della superficie

L'idrolavaggio a pressione per la pulizia della superficie in calcestruzzo, mediante l'utilizzo di idropulitrice con una pressione maggiore di 150 bar, al fine di rimuovere stratificazioni di microrganismi, vecchie parti incoerenti, depositi pulverulenti o eventuali tracce di pellicole di precedenti trattamenti di verniciatura. Tale operazione, inoltre, si rende necessaria per bagnare a saturazione il supporto prima dell'applicazione di malte o betoncini cementizi, per migliorarne l'aggrappo.

## 16.5. PROTEZIONE DEI FERRI D'ARMATURA

Sui ferri d'armatura perfettamente ripuliti dalla ruggine, si dovrà applicare una idonea malta (tipo MAPEFER della Mapei), al fine di riportare il pH al di sopra di 12, livello minimo per garantire la passivazione del ferro. La malta crea una barriera protettiva impermeabile all'acqua e agli agenti aggressivi presenti nell'atmosfera.
La malta dovrà essere stesa a pennello in due mani. La seconda mano può essere applicata dopo 90-120 minuti dalla stesura del primo strato e preferibilmente entro le 24 ore. Lo spessore totale delle due mani non dovrà essere inferiore a 1,5-2 mm.
L'applicazione della prima mano dovrà essere eseguita fino a raggiungere uno spessore di 1 mm per tutta la lunghezza della barra, la seconda mano potrà essere applicata, in condizioni ambientali normali, dopo circa 2 ore dall'applicazione della prima mano o il giorno successivo, preferibilmente entro le 24 ore, in funzione dell'organizzazione del cantiere.
Trattasi della fornitura e posa in opera di trattamento passivante dei ferri d'armatura, mediante applicazione a pennello di doppia mano di malta cementizia anticorrosiva, monocomponente, a base di leganti cementizi, polimeri in polvere e inibitori di corrosione.
L'applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto asportando il calcestruzzo ammalorato fino ad ottenere un sottofondo solido, esente da parti in distacco e sufficientemente ruvido e successiva rimozione dai ferri d'armatura della ruggine presente, mediante idrosabbiatura o spazzolatura meccanica (da computarsi a parte) avendo cura di portare la superficie a metallo bianco (grado SA 2½).
Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-7 per quanto riguarda la protezione contro la corrosione delle armature e avere le seguenti caratteristiche prestazionali:

| | |
|---|---|
| Adesione al supporto (EN 1542) (MPa): | ≥2 |
| Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio (EN 15184): | specifica superata |
| Resistenza alla corrosione (EN 15183): | specifica superata |
| Tempo di attesa prima di applicare la malta da ripristino: | 6-24 h (a +20°C) |
| Consumo (g/m): | 100 (2 mm di prodotto applicato su un tondino da 8 mm) |

Si raccomanda di coprire totalmente ed in modo omogeneo la superficie del ferro.
Durante l'operazione si sporcherà inevitabilmente anche il calcestruzzo in prossimità del ferro; ciò non dovrà creare alcun problema, in quanto la malta non dovrà modificare l'adesione di quella da ripristino che, in condizioni ambientali normali, può essere posata dopo 4-5 ore dall'applicazione della stante barriera protettiva o nei giorni successivi a seconda dell'organizzazione del cantiere.

## 16.6. POSIZIONAMENTO DI NUOVA ARMATURA

La diagnosi della struttura riguarda anche i ferri d'armatura in quanto parte fondamentale per il calcestruzzo. Dall'analisi si potrà decidere il tipo d'intervento da eseguire su di esse. Potrebbe essere necessaria una semplice pulizia e protezione con prodotti passivizzanti. Se invece, le armature risultano essere compromesse, nel senso che la corrosione ha ridotto la loro sezione più del 30%, si rende necessario il posizionamento di nuove armature come rinforzo alla struttura.
Dove necessario si procederà al posizionamento di nuova armatura per il getto integrativo.
Andrà resa solidale al supporto con un adeguato numero di connettori. Il dimensionamento e la quantità dei ferri risulterà dal calcolo del rinforzo che si vorrà dare alle pile.
Trattasi della fornitura e posa in opera dei ferri d'armatura di strutture in cemento armato a demolizione e sgaggiatura avvenuta per la sistemazione/sostituzione delle armature prima dell'applicazione di conglomerato cementizio reoplastico, malte cementizie premiscelate colabili e betoncini.
Compresi e compensati nel prezzo per dare il lavoro finito a regola d'arte:

- onere per eventuali tagli, raddrizzature o nuove piegature richieste dal progetto;
- posizionamento con nuove legature e spessorazioni, nel caso di notevole ossidazione dei ferri di armatura esistenti con forte riduzione della sezione, di nuova armatura metallica supplementare collaborante in barre di acciaio inossidabile ad aderenza migliorata tipo B450C di diametro adeguato in funzione del calcolo del rinforzo che si vorrà dare alla struttura;
- fili e/o ganci per legature, eventuali punti di saldatura, distanziatori;
- sgombero dei ferri tagliati e non utilizzati;
- energica soffiatura.

Nel caso specifico da una prima analisi visiva, non si sono riscontrate zone particolarmente ammalorate che potrebbero richiedere questo tipo di intervento, evidentemente durante la esecuzione delle lavorazioni di preparazione del supporto, si andranno a verificare le condizioni delle armature dopo la asportazione del calcestruzzo corticale ammalorato, è sarà onere dell'APPALTATORE il posizionamento della nuova armatura in sostituzione di quelle compromesse.

## 16.7. RIPRISTINO DEL CALCESTRUZZO CON MALTE TISSOTROPICHE

La superficie oggetto del ripristino dovrà essere pulita e saturata a rifiuto con acqua ma a superficie asciutta (condizione s.s.a.) mediante idrolavaggio.
Il ripristino del calcestruzzo dovrà avvenire mediante la fornitura e posa in opera di malta tissotropica monocomponente, a ritiro compensato e a presa normale, ad elevata duttilità, per medie prevalenze e lunghe distanze, a base cementizia, composta da leganti idraulici resistente ai solfati, aggregati selezionati, fibre sintetiche in poliacrilonitrile, fibre inorganiche, inibitore di corrosione organico e speciali additivi (tipo Mapegrout Easy Flow GF della MAPEI S.p.A.) per la ricostruzione di strutture degradate in calcestruzzo.
Le fibre inorganiche contenute all'interno della malta dovranno avere le seguenti caratteristiche:

| | |
|---|---|
| – lunghezza (mm): | 12 |
| – diametro (µm): | 14 |
| – resistenza a trazione (MPa): | 1700 |
| – modulo elastico (GPa): | 72 |

Le malte cementizie fornite già premiscelate a secco, dovranno essere impastate con il quantitativo d'acqua indicato nella scheda tecnica fino ad ottenere un impasto ben amalgamato e privo di grumi.
L'applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto di cui sopra, asportando il calcestruzzo ammalorato fino ad ottenere un sottofondo solido, esente da parti in distacco e sufficientemente ruvido. Pulizia dei ferri di armatura a metallo bianco e successivo trattamento passivante mediante applicazione a pennello di doppia mano di malta cementizia anticorrosiva monocomponente (tipo Mapefer 1K della MAPEI S.p.A.).
Il prodotto dovrà essere applicato su sottofondo pulito e saturo di acqua, a spatola, cazzuola o a spruzzo con pompa intonacatrice, in uno spessore compreso tra **1 e 5 cm** per strato, senza l'ausilio di armature di contrasto (si consiglia uno spessore medio di 2-3 cm), in particolare potrà essere effettuata a spruzzo con idonea intonacatrice a vite senza fine tipo Turbosol o Putzmeister.
Per migliorare l'espansione all'aria durante i primi giorni di stagionatura, il prodotto, se richiesto dalla tipologa di malta da utilizzare, dovrà essere miscelato con l'aggiunta di uno speciale additivo stagionante in grado di ridurre sia il ritiro plastico che il ritiro idraulico (tipo Mapecure SRA della MAPEI S.p.A.) in un dosaggio pari allo 0,25% in peso sul peso della malta.
Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-3 per le malte strutturali di classe R4 e avere le seguenti caratteristiche prestazionali:

| | | |
|---|---|---|
| Resistenza a compressione | (EN 12190) (MPa): | > 60 (a 28 gg) |
| Resistenza a flessione | (EN 196/1) (MPa): | 11 (a 28 gg) |
| Modulo elastico a compressione | (EN 13412) (GPa): | 27 (a 28 gg) |
| Adesione al supporto | (EN 1542) (MPa): | = 2 (a 28 gg) |
| Espansione contrastata | (UNI 8147) (µm/m): | > 400 (a 1 g) |
| Resistenza alla fessurazione ("O Ring Test"): | | nessuna fessura dopo 180 gg |
| Resistenza alla carbonatazione accelerata (EN 13295): | | minore del calcestruzzo di riferimento |
| Impermeabilità all'acqua | | |
| – profondità di penetrazione | (EN 12390/8) (mm): | < 5 |
| Assorbimento capillare | (EN 13057) ($kg/m^2 \cdot h^{0,5}$): | < 0,25 |

Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio (EN 15184)
– tensione di adesione - (MPa): = 25
Compatibilità termica misurata come adesione secondo EN 1542
(MPa): > 2 (dopo 50 cicli)

– cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti (EN 13687/1):
– cicli temporaleschi (EN 13687/2): > 2 (dopo 30 cicli)
– cicli termici a secco (EN 13687/4): > 2 (dopo 30 cicli)
Reazione al fuoco (EN 13501-1) (Euroclasse): A1
Consumo (per cm di spessore) (kg/m²): 18,5

Compresi e compensati nel prezzo per dare il lavoro finito a regola d'arte:

- idrolavaggio delle superfici di attacco e saturazione con acqua del supporto immediatamente prima dell'applicazione della malta;
- applicazione a spruzzo della malta in presenza di armature metalliche;
- staggiatura e frattazzatura delle superfici;
- accurata stagionatura della malta mediante applicazione di acqua nebulizzata per almeno 24 ore dopo l'applicazione.

Il prodotto risponde ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-3 per le malte strutturali di classe R4.
In funzione delle condizioni climatiche, seguirà la frattazzatura, operazione che verrà effettuata indicativamente quando premendo con un dito la superficie della malta fresca venga lasciata su di essa una leggera impronta.
Data l'influenza del tenore d'acqua sulle proprietà della malta si dovrà evitare con la massima cura che essa possa evaporare rapidamente durante la maturazione del getto, è quindi consigliabile, nelle stagioni calde e nelle giornate ventose, proteggere la malta dall'evaporazione rapida dell'acqua d'impasto mediante stagionatura umida o con una mano di agente antievaporante che dovrà essere compatibile con la successiva rasatura o prodotto protettivo da applicare successivamente e se necessario essere rimosso.

## 16.8. FRATTAZZATURA O STAGGIATURA

Dopo l'applicazione dei materiali cementizi tissotropici, la superficie dovrà essere lisciata mediante frattazzatura. Tale operazione dovrà essere eseguita con molta cura nel caso delle malte che sono miscelate con acqua, infatti, una corretta frattazzatura è indispensabile per contrastare efficacemente la formazione di microfessure, derivanti dal ritiro plastico.
Per diminuire questo rischio tutte le malte tissotropiche, che sono applicate a spruzzo od a rinzaffo, devono essere provviste di fibre sintetiche poliacrilinitrili. La frattazzatura dovrà eseguirsi dopo un certo tempo dall'applicazione in funzione delle condizioni climatiche. L'intervallo di tempo tra l'applicazione a spruzzo e la finitura con frattazzo è stabilito in funzione del primo irrigidimento della malta che si determina quando, appoggiando una mano sulla superficie, le dita non affondano ma lasciano una leggera impronta sull'intonaco. Le superfici esposte all'aria (vale a dire non a contatto con casseforme) dei materiali cementizi colabili possibilmente dovrebbero essere staggiate se l'operazione non è possibile, o considerata troppo onerosa, appena messe in opera devono essere stagionate con materiali specifici, che non pregiudichino l'aderenza di successivi sistemi protettivi o impermeabilizzanti, e/o protetti con teli di plastica nel periodo invernale o stagionati con acqua nebulizzata nel periodo estivo.

## 16.9. STAGIONATURA

Una corretta stagionatura è fondamentale per garantire una giusta maturazione e per evitare la formazione di fessure da ritiro plastico, dovute all'immediata evaporazione di parte dell'acqua d'impasto sotto l'azione del sole e del vento. Nelle opere di nuova costruzione, diventa fondamentale per la curabilità degli interventi di manutenzione. La stagionatura potrà essere realizzata utilizzando:

• prodotti stagionanti specifici, che non diminuiscono l'aderenza di sistemi protettivi o impermeabilizzanti;
• teli;
• acqua nebulizzata.

La copertura con il curing sarà tanto più rapida quanto più caldo e secco è il clima (il curing potrà essere evitato se si usano malte con microfibre poliacrilinitrili). La stagionatura può essere realizzata in modo semplice ed affidabile utilizzando materiali a base di resine che abbinino alla funzione di stagionante anche quella di primer per eventuali sistemi protettivi da applicare sopra il materiale di ripristino.

L'eventuale protezione delle strutture ripristinate dovrà essere eseguita secondo quanto indicato sulle schede tecniche del sistema protettivo utilizzato. Pertanto a maturazione avvenuta della malta effettuare la protezione finale mediante un rivestimento acrilico elastico tipo Elastocolor Pittura della Mapei.

## 16.10. PROTEZIONE E DECORAZIONE DELLE SUPERFICI IN CALCESTRUZZO

La finitura superficiale delle zone di intervento (pile, spalle e veletta) verranno trattate in ultimo con una vernice elastica protettiva e decorativa per calcestruzzo a base di resine acriliche in dispersione acquosa avente funzione di protegge le strutture in calcestruzzo dal fenomeno della carbonatazione tipo ELASTOCOLOR PITTURA della MAPEI.

Il prodotto opportunamente miscelato, si applica con le tecniche convenzionali: a pennello, rullo o spruzzo. Per una completa ed efficace copertura sono necessarie almeno due mani, applicate a distanza di 24 ore una dall'altra, in condizioni normali di temperatura e di umidità. non dovrà essere applicato in caso di pioggia imminente ovvero in giornate particolarmente ventose. Eseguire l'applicazione a spruzzo con airless facendo precedere l'intervento da una prima mano a pennello o rullo.

La superficie da proteggere dovrà essere perfettamente pulita e solida e trattattata preliminarmente con idoneo primer (tipo MELECH), indicato per la preparazione di fondo delle superfici prima dell'applicazione della mano di finitura colorata, avente funzione di regolare l'assorbimento del supporto e da promotore di adesione. Il primer una volta applicato, donrà penetra in profondità e garantire il consolidamento del polverino presente sulle superfici da trattare. Applicare il prodotto con le tecniche convenzionali, a pennello, rullo o spruzzo.

Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti minimi richiesti nella EN 1504-9 (Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo: definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità,. Principi generali per l'uso dei prodoti e sistemi") ed ai requisi della EN 1504-2 per quanto riguarda i sistemi di protezione della superficie di calcestruzzo – rivestimento (coatimg, C) – protezione contro i rischi di penetrazione (1.3) (protection against ingress, PI) (ZA, 1d) + controllo di umidità (2.2) (moisture control, MC), e aumento della resistività (8.2) (increasing resistivity, IR) (ZA. 1e).

La finitura inoltre dovrà avere le seguenti caratteristiche:

| | | |
|---|---|---|
| Colore: | a scelta della D.L. o secondo cartella colori del produttore | |
| Consistenza: | | liquido denso. |
| Massa volumica (EN ISO 2811-1) (g/cm³): | | ca. 1,37 |
| Residuo secco (EN ISO 3251) (%): | | ca. 63 |
| Consumo (kg/m²): | | 0,2-0,4 (per mano) |
| Resistenza all'invecchiamento accelerato tinta RAL 7032 1.000 h al Weather-Ometer | | |
| (normativa ASTM G 155 ciclo 1): | $\Delta E < 2,5$ | |
| Permeabilità alla $CO_2$ | μ | 1.272.581 |
| (UNI EN 1062-6) | $S_D$ relativo spess. secco 0,00025 m (m) | 318 |
| | esito/classe | conforme ($S_D > 50$ m) |
| Permeabilità al vapore acqueo | μ | 2193 |
| (UNI EN 7783-1,2) | $S_D$ relativo spess. secco 0,00025 m (m) | 0,5 |
| | esito/classe | I ($S_D < 5$ m) |
| Permeabilità all'acqua | $W_{24}$ [(kg/(m²h$^{0,5}$)] | 0,01 |
| (UNI EN 1062-3) | esito/classe | conforme ($W_{24} < 0,1$) |
| Compatibilità termica invecchiamento: | 7 gg a +70°C | |
| UNI EN 1062-11 4.1 | esito/classe | conforme aderenza ≥ 0,8 N/mm² |
| Compatibilità termica: cicli di gelo-disgelo con immersione in sali disgelanti | | |
| UNI EN 13687-1 | esito/classe | conforme aderenza ≥ 0,8 N/mm² |
| Compatibilità termica: cicli temporaleschi | | |
| UNI EN 13687-2 | esito/classe | conforme aderenza ≥ 0,8 N/mm² |
| Compatibilità termica: cicli termici senza immersione in sali disgelanti | | |
| UNI EN 13687-3 | esito/classe | conforme aderenza ≥ 0,8 N/mm² |
| Resistenza alla fessurazione crack bridging ability statico | | |
| UNI EN 1062-7 | crack bridging (μm) | 1333 |
| | esito/classe | A4 (> 1,25 mm) |
| Resistenza alla fessurazione crack bridging ability dinamico | | |
| UNI EN 1062-7 | esito/classe | B2 |
| Prova di aderenza per trazione diretta | | |
| UNI EN 1542 | esito/classe | conforme aderenza ≥ 0,8 N/mm² |
| Reazione al fuoco | | |
| EN 13501-1 | euroclasse | B s1 d0 |
| Esposizione agli agenti atmosferici artificiali | | |
| UNI EN 1062-11:2002 4.2 | esito/classe | conforme |
| Diffusione ione cloruro | | |
| UNI 7928 | penetrazione mm | 0,0 |

## 16.11. PROVE E CONTROLLI

La Direzione Lavori prima dell'inizio delle lavorazioni dovrà verificare attentamente che i macchinari utilizzati per l'asportazione del calcestruzzo degradato e/o contaminato, per eventuali sabbiature, per la pulizia e/o la saturazione del supporto e per l'applicazione a spruzzo dei prodotti tissotropici siano idonei ad ottenere quanto richiesto dalla Norma Tecnica generale. Tali verifiche dovranno essere fatte anche in corso d'opera per verificare che tutte le fasi esecutive.

# 17. OPERE VARIE

## 17.1. GENERALITA'

### 17.1.1. Definizioni

Oggetto della presente Sezione del Capitolato è l'insieme delle tipologie di lavoro non incluse e/o non contemplate in altre sezioni del Capitolato.

Esse consistono in:

- reti di distribuzione idrica;
- manufatti per tombini;
- tubazioni per raccolta acque meteoriche;
- recinzioni;

### 17.1.2. Normative

Si intendono qui richiamate e valide a tutti gli effetti le Norme, Leggi, Regolamenti citati nelle sezioni di competenza e precisamente:

- Demolizioni
- Movimenti di terra
- Opere in conglomerato cementizio.

## 17.2. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

### 17.2.1. Reti di distribuzione idrica

Il presente capitolo riguarda tutti quei lavori connessi con la costruzione di reti di distribuzione o raccolta di qualsiasi tipo connesse con la costruzione dei manufatti e dei corpi di fabbrica.

Riguarda altresì la deviazione e/o i rifacimenti di reti esistenti ed interferenti con la linea ferroviaria e/o con le reti in costruzione.

17.2.1.1.Scavi

*a) Generalità*

L'APPALTATORE accerterà a sua cura e spese e segnalerà sul terreno tutti quei servizi che possono interessare lo scavo.

L'APPALTATORE eseguirà poi il tracciato dello scavo sia come larghezza sia come andamento dell'asse, in modo che lo scavo risulti il meno possibile interessato dai servizi individuati.

L'APPALTATORE non dovrà in alcun caso, manomettere, spostare o tagliare cavi o qualsiasi tubazione interrata o quant'altro interferente con lo scavo prima di averne accertata la natura e la funzione e prima di aver avuto le necessarie autorizzazioni dal proprietario/esercente; situazioni particolari dovranno essere tempestivamente segnalate alla DIREZIONE LAVORI.

Il taglio dell'eventuale manto stradale e della fondazione, o la demolizione della pavimentazione - il tutto di qualsiasi tipo e spessore - dovrà essere effettuato con adatti mezzi d'opera. Il taglio del manto di usura e della fondazione dovrà essere eseguito in modo da evitare danni non strettamente necessari alla pavimentazione e non dovrà avere, di norma, una larghezza superiore di 20 cm totali a quella dello scavo.

Gli scavi per qualsiasi genere di lavoro, eseguiti a mano e/o con mezzi meccanici, in terreni e/o materiali di riporto di qualsiasi natura e consistenza, sia all'asciutto che in acqua, dovranno essere eseguiti così come impone la buona tecnica e avranno dimensioni tali da consentire la posa delle tubazioni interrate secondo la normativa vigente

.

Sarà cura e onere dell'APPALTATORE evitare franamenti delle pareti dello scavo, per tutto il tempo durante il quale gli scavi rimarranno aperti; a tale scopo dovrà provvedere ad effettuare le necessarie ed idonee opere provvisionali a sostegno delle pareti dello scavo.

Resteranno a totale carico dell'APPALTATORE tutti gli oneri connessi con i lavori necessari alla rimozione di eventuali materiali franati nello scavo già eseguito ed il riempimento della maggiore sezione di scavo con materiale e modalità idonei ed ai conseguenti maggiori ripristini. L'APPALTATORE risponderà dei danni arrecati a persone o cose a seguito di frane e smottamenti.

*b) Difesa delle acque*

L'APPALTATORE dovrà provvedere a sua cura e spese, alla realizzazione e manutenzione delle opere necessarie affinché le acque, anche piovane, eventualmente scorrenti sulla superficie del terreno siano deviate in modo che non abbiano a riversarsi negli scavi, alla rimozione di ogni impedimento che si opponga al regolare deflusso delle acque e di ogni causa di rigurgito, anche ricorrendo all'apertura di fossi di guardia, di canali fugatori, scoline, pozzi perdenti ecc..; il tutto senza provocare danni ad altri manufatti od opere e senza causare interruzioni nei lavori degli impianti in genere. In ogni caso i materiali destinati alla costruzione delle reti non dovranno essere usati per la creazione di fossi o canali per il convogliamento di acque e per la copertura anche provvisoria di fossati.

*c) Utilizzazione dei materiali di risulta*

I materiali provenienti dagli scavi di ogni genere o dalle demolizioni potranno essere riutilizzati per i rinterri ove ritenuti idonei. In caso contrario dovranno essere portati ad una discarica autorizzata.

L'APPALTATORE dovrà provvedere inoltre, a sua cura e spese, al recupero di quanto proveniente dagli scavi, appartenente ad Enti Pubblici o Privati, Comuni, etc.

L'APPALTATORE dovrà eseguire i lavori di scavo e di rinterro in modo tale da non costituire pericolo e non recare danno ai fabbricati e alle opere limitrofe. Dovrà inoltre aver cura di non danneggiare la pavimentazione stradale con il movimento dei propri mezzi e/o le colture non direttamente interessate all'esecuzione dei lavori.

L'APPALTATORE dovrà pertanto adottare a sua cura e spese, tutti i provvedimenti atti ad evitare danni ed a garantire l'incolumità di persone e cose restando di tali rischi l'unico responsabile.

*d) Rimozione di trovanti*

Nel caso di rinvenimento nello scavo di trovanti l'APPALTATORE dovrà provvedere alla loro rottura e rimozione, qualora gli stessi non siano asportabili con i normali mezzi di scavo.

Per tale lavoro potrà usare i mezzi che crederà più opportunità sottostando, nel caso dell'uso di esplosivi, a quanto previsto dalle norme vigenti.

17.2.1.2. Particolari tipi di scavo

*a) Scavi per attraversamenti speciali*

Saranno eseguiti a mano o con mezzi meccanici a seconda della natura dell'attraversamento e delle difficoltà di esecuzione.

Il fondo scavo, alla profondità di progetto, dovrà avere un andamento orizzontale e sarà mantenuto in tali condizioni per tutta la durata del varo della tubazione. In golena, la larghezza in sommità della trincea e la pendenza delle pareti saranno adeguate alla consistenza del terreno.

*b) Scavi per la manutenzione di tubazioni ed opere accessorie*

Questi lavori saranno normalmente eseguiti per rendere possibile interventi su rete esistenti (riparazioni dispersioni, collegamenti, adeguamento di reti, ecc..).

L'APPALTATORE, oltre ad osservare tutte le modalità precedentemente descritte, dovrà usare particolari accorgimenti per non danneggiare la rete già posta in opera.

In particolare:

- nelle fasi iniziali di scavo, si dovrà operare con la massima cura e attenzione in modo tale da individuare esattamente la posizione e la profondità della rete ed eventuali servizi adiacenti;
- potranno essere usati mezzi meccanici per lo scavo avendo sempre cura che gli stessi non vengano mai a contatto con la rete; la restante parte dello scavo dovrà essere eseguita a mano;
- dovranno essere messi in atto tutti gli accorgimenti atti ad evitare deformazioni dell'asse geometrico della rete, abbassamenti e/o galleggiamenti, che quali possano provocare danni alla rete esistente o in costruzione.

17.2.1.3. Movimentazione e stoccaggio dei materiali

Tutti i materiali dovranno essere stoccati in maniera tale da evitare qualsiasi tipo di danno al materiale stesso e/o al loro rivestimento. In particolare si dovrà:

- Stoccare al chiuso o in area coperta tutti quei materiali che possono danneggiarsi per esposizione alle intemperie (sole, polvere, gelo, etc.).
- Non accatastare in pila i materiali, e in ogni caso interporre tra gli strati opportuni distanziatori.
- Movimentare i materiali con mezzi opportuni e con l'uso di braghe a fascia di larghezza opportuna.

- E' escluso in ogni caso lo scarico dei materiali mediante caduta dello stesso dal mezzo di trasporto. In casi particolari è tollerato l'uso di scivoli inclinati, purché il materiale da scaricare sia opportunamente trattenuto.
- Nel caso il materiale venga predisposto a piè d'opera per ulteriori lavorazioni si dovranno adottare tutti gli accorgimenti atti ad evitare danneggiamenti al materiale o al suo rivestimento.
- Nel caso di stoccaggio di materiali pericolosi (infiammabili, esplodenti, etc.) dovranno adottarsi tutte le misure imposte dalle normative e dalle Leggi vigenti quali, ma non limitatamente:
  - ventilazioni dei magazzini chiusi
  - protezioni dai raggi del sole
  - recinzioni particolari
  - zone di rispetto.

17.2.1.4. Posa in opera delle reti interrate

17.2.1.4.1. Posa in opera cavi interrati

*a) Definizione*

La posa in opera dei cavi interrati riguarda il tiraggio dei cavi posti in trincea, dei cavi direttamente interrati, dei cavi posati in cunicoli di cemento, dei cavi tirati in tubo.

*b) Posa dei cavi*

Tutti i cavi in matasse o bobine dovranno essere trasportati e posati in modo da evitare danneggiamenti. Non è consentito il rotolamento delle bobine, tranne per i piccoli spostamenti e per la sistemazione delle bobine sui cavalletti.

Ogni cavo sarà posato in trincee o tubi di protezione sopra uno strato di sabbia, in accordo ai disegni di progetto.

Lo svolgimento del cavo dovrà essere eseguito con le bobine sul carrello o su cavalletti che ne consentano la facile rotazione e tirando il cavo in modo che lasci la bobina dal basso.

Durante la posa il cavo deve appoggiare su rulli posati tra di loro ad una distanza tale che il cavo non strisci sul terreno o sabbia.

Il tiraggio dei cavi sarà eseguito a mano o mediante adatte macchine tiracavi rispettando il massimo sforzo di trazione ammesso dal costruttore dei cavi stessi. L'APPALTATORE deve accertarsi presso il fornitore in merito ai valori di cui sopra.

Il taglio a misura dei cavi dovrà essere fatto all'atto della posa in opera degli stessi, lasciando conveniente margine per l'esecuzione delle terminazioni.

Una volta eseguito il taglio della pezzatura della bobina, i terminali sia del cavo, sia quello rimasto sulla bobina dovranno essere sigillati in maniera corretta.

La posa dei cavi dovrà essere effettuata in accordo alle sezioni ed ai disegni di progetto.

La spaziatura tra i cavi dovrà essere realizzata in accordo al progetto.
Tutti i cavi dovranno essere identificati lungo il loro percorso mediante fascette in plastica o in piombo collocate ogni 30 - 40 m recanti il contrassegno del cavo in accordo con l'Elenco Cavi del Progetto.

Nel caso in cui il cavo debba essere posato in apposito tubo, tutte le tubazioni portacavi dovranno essere accuratamente pulite e soffiate con aria prima dell'infilaggio. I cavi saranno infilati sui tubi portacavi già completi e fissati in tutte le loro parti.

Nel caso di posa su apposite canalette portacavi ogni cavo dovrà essere posato su passerelle già complete e fissate in ogni loro parte. l cavi dovranno essere posati in maniera da assumere un andamento più possibile rettilineo e dovranno essere fissati con fascette fermacavo in PVC o con morsetti metallici nel caso di passerelle verticali.

17.2.1.4.2. Posa in opera tubazioni interrate

*a) Definizione*
La posa in opera delle tubazioni interrate riguarda le operazioni connesse con la stesura dei tubi, sigillatura dei giunti e collaudo delle linee interrate così come indicato sui disegni di progetto.

*b) Posa in opera delle tubazioni*
Le tubazioni potranno essere in acciaio, ghisa, PVC, PRFV, PEAD, cemento e del tipo ovoide in cemento armato vibrato o comunque come mostrato sui disegni di progetto. Le linee dovranno essere poste con le pendenze indicate poggiate su idoneo sottofondo in modo da non danneggiare la tubazione e/o il suo rivestimento.

Tutti i materiali saranno forniti da qualificati rivenditori in grado di assicurare e fornire certificazioni e quantitativi di materiali congrui con l'opera da eseguire.

Le tubazioni prima del collaudo dovranno essere pulite mediante soffiaggio.

L'APPALTATORE dovrà predisporre tutta l'attrezzatura necessaria per le operazioni sopra descritte.

Per tutte le tipologie di materiali usati, ove non già definito in progetto, l'APPALTATORE dovrà comunicare alla DIREZIONE LAVORI le procedure di connessione (giunti saldati, giunti incollati, giunti a bicchiere, etc.) che intende utilizzare.

17.2.1.4.3. Modifiche di reti esistenti
Nel caso di interferenze con reti esistenti, interrate e non interrate, tali da richiedere una modifica di tracciato della rete esistente, sarà cura ed onere dall'APPALTATORE accordarsi direttamente con l'Ente proprietario, concordare le modalità di intervento informando costantemente la DIREZIONE LAVORI.

Resta inteso che la modifica di tracciato sarà eseguita rispettando tutte le norme, specifiche e procedure in vigore presso l'Ente proprietario.

17.2.1.5.Riempimenti

*a) Generalità*

Nel caso di scavi all'interno del quale siano presenti tubazioni e/o cavi, il rinterro dovrà essere eseguito con modalità e materiali di riempimento idonei; in particolare l'APPALTATORE dovrà evitare che sassi, massi, materiali di risulta, spezzoni di altre tubazioni, siano gettati all'interno dello scavo. Il rinterro di scavi, all'interno dei quali siano presenti tubazioni in polietilene, deve essere effettuato in maniera tale da consentire che il tubo si assesti assumendo la temperatura del terreno. In particolare una delle estremità della tratta della condotta dovrà essere mantenuta libera di muoversi curando che il riempimento dello scavo abbia inizio dalla parte opposta.

Sono ammessi rinterri parziali nel caso sia necessario "bloccare" la tubazione; in ogni caso dovranno rimanere scoperte ed ispezionabili tutte le giunzioni, fino ad effettuazione con esito positivo dei collaudi previsti.

*b) Materiali*

Si definiscono due classi di materiale di riempimento:

- materiale di riempimento di tipo A, posato immediatamente sotto, sopra e di fianco alla rete secondo le modalità e gli spessori di progetto;
- materiale di riempimento di tipo B, posato al di sopra del materiale di tipo A fino alla quota del piano campagna o alla quota di inizio della sottofondazione della pavimentazione, e comunque non a contatto con la rete.

Il materiale di tipo A dovrà essere un materiale prevalentemente costituito da sabbia o pozzolana o comunque come previsto in sede di progetto e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- almeno il 95% in peso del materiale dovrà avere dimensioni inferiore a 6 mm.
- almeno il 70% in peso del materiale dovrà avere dimensioni inferiori a 2 mm.
- non più del 5% in peso del materiale dovrà avere dimensioni inferiori a 0,074 mm (non più del 5% in peso dovrà passare al vaglio 200 ASTM)
- dovrà essere esente da detriti, materiale organico, pietre o qualsiasi altro materiale estraneo.
- Il materiale di riempimento di tipo B, dovrà essere preferibilmente costituito da sabbia, ghiaia e ciottoli o pozzolana, onde precostituire un buon sottofondo per le pavimentazioni stradali.

Ove non esistessero problemi di pavimentazione e/o di servizi vicini, potrà essere utilizzato materiale di risulta, il quale dovrà comunque risultare esente da detriti, materiale organico e pietre di grosse dimensioni (> di 20 cm).

La posa in opera del materiale di rinterro di tipo A dovrà avvenire secondo le modalità indicate qui di seguito:

- Strato di fondazione sotto la rete: deposto sul fondo dello scavo a strati di spessore non

superiore di 20 cm, compattato a mano con cura ordinaria mediante l'utilizzo di pala. Il materiale dovrà essere posto in opera per tutta la larghezza della trincea. Lo spessore minimo finale dello strato al di sotto della rete dovrà essere come da progetto e comunque non inferiore a 7 cm.

- Strato o strati di rinfianco: la compattazione dello stesso sarà prescritta in fase di progetto.
- Strato di copertura: dovrà essere posto in opera senza compattazione usando Io spessore di progetto e comunque non inferiore a cm 15.

La posa in opera del materiale di tipo B dovrà sempre avvenire in modo tale da evitare che venga meno lo spessore di ricoprimento minimo indicato per il materiale di tipo A. Una compattazione a strati di spessore non superiori a 30 cm con rana vibrante o similare dovrà essere eseguita laddove previsto l'uso di materiale granulare grossolano al di sotto di pavimentazioni stradali.

L'APPALTATORE dovrà sempre accertare che il rinterro sia eseguito in modo tale che non vi siano cavità superficiali o interne al materiale di rinterro che possono costituire pericolo alle persone e/o animali e mezzi.

Considerata l'attenzione che deve essere posta nel posizionamento dei tubi, l'APPALTATORE dovrà curare particolarmente l'alloggiamento dei giunti in modo tale da garantire che la reazione del terreno sia distribuita lungo tutto il tubo e non sia concentrata in corrispondenza degli elementi di giunzione. Nel caso di giunti a bicchiere dovranno essere previste, in corrispondenza di ciascun giunto, opportune sedi preparate nello strato sabbioso di base. Qualora risultasse necessario procedere in modo diverso da quanto sopra specificato l'APPALTATORE dovrà comunque evitare il ricorso a blocchi o mattoni o mucchi di sabbia, mentre è consentito l'impiego di sacchetti di sabbia.

L'APPALTATORE dovrà curare la manutenzione continua dei rinterri in modo da mantenere il piano viabile perfettamente piano, senza avvallamenti o convessità, tale da garantire la viabilità e la sicurezza della sede stradale fino al ripristino della pavimentazione, fatte salve diverse prescrizioni degli Enti locali interessati.

Alla profondità prevista in progetto, e ove richiesto dal progetto o dalla DIREZIONE LAVORI, dovranno essere posti in opera un opportuno segnale di presenza e identificazione della rete, realizzato con rete, nastro, mattoni in cotto o cls, secondo la tipologia prevista dal progetto.

### 17.2.2. Manufatti per tombini

Per tombini realizzati in opera valgono le prescrizioni per le opere in C.A.

Il rinterro dell'opera dovrà essere fatto tenendo conto delle prescrizioni riportate nella sezione Movimenti di Terra ed in particolare, ove applicabile, rilevato in prossimità delle opere d'arte.

### 17.2.3. Tubazioni per raccolta acque meteoriche

Le tubazioni saranno eseguite impiegando tubi in polietilene per fognature non in pressione, di caratteristiche corrispondenti alle norme UNI 7613, tipo 303 PN 3,2 e rigidità anulare SN 2, ovvero del tipo corrugato in PEAD, con rigidità SN8 qualora si abbia un insufficiente ricoprimento, con marchio di conformità di prodotto rilasciato da Istituto o Ente riconosciuto e accreditato Sincert, con giunzioni eseguite mediante saldatura di testa (polifusione) o manicotti elettrosaldabili.

### 17.2.4. Recinzioni

*a)* *Recinzione con paletti e rete zincata elettrosaldata*

Recinzione eseguita con rete metallica, maglia 50 x 50 mm, in filo di ferro zincato, diametro 2 mm, di altezza 2 m ancorata a pali di sostegno in profilato metallico a T zincato, sez. 35x35x 4 mm altezza H 225 mm, legature, controventature, blocchetto di fondazione in magrone di calcestruzzo e doppio ordine di filo spinato 14.
Vengono posti montanti intermedi ad interasse di 2.50 ml, in profilato di acciaio Fe 37 A UNI zincati a caldo, di sezione ad "T" delle dimensioni di mm 35x35x 4 mm e della lunghezza di mm 225; Ogni 30 ml circa ed in corrispondenza di ogni piccola deviazione del tracciato, sarà posto un montante di controvento, dotato di una saetta di acciaio Fe 37 A UNI zincata a caldo della sezione ad T e delle dimensioni di mm 35x35x 4.
Ogni 100 ml circa e nel caso di rilevanti variazioni angolari del tracciato, saranno posizionati montanti di caposaldo, in tutto come i montanti intermedi, dotati di n. 2 saette in acciaio Fe 37 A UNI zincata a caldo della sezione ad T e delle dimensioni di mm 35x35x 4.
Ogni 100 ml circa e nel caso di rilevanti variazioni angolari del tracciato, saranno posizionati montanti di caposaldo, in tutto come i montanti intermedi, dotati di n. 2 saette in acciaio Fe 37 A UNI zincati a caldo.
Compreso trasporto, imballo, scarico, sollevamento, opere murarie, messa a terra delle opere metalliche, Certificazioni previste nel CSA e quant'altro occorrente per la realizzazione dell'opera a perfetta regola d'arte, e secondo le indicazioni della D.L.

*Caratteristiche dell'acciaio.*

I montanti e le saette impiegati per le recinzioni dovranno essere esenti da difetti come bolle di fusione e scalfitture e di tipo extra per spessori e finiture; dovrà essere della qualità UNI EN 10025 - S235 JR. L'acciaio impiegato per la costruzione degli elementi metallici, dovrà avere inoltre attitudine alla zincatura, secondo quanto previsto dalle Norme NF A 35-303 : 1994 - Classe 1. La rete, i fili di tensione e la corda spinosa saranno realizzati in acciaio crudo, con resistenza minima unitaria di rottura di 45 kg/mm², mentre i fili di legatura, in acciaio dolce, ad eccezione dei fili longitudinali della rete a maglie annodate, che dovranno avere una resistenza minima unitaria di rottura di 110 kg/mm².

*Tolleranze dimensionali.*

Nella costruzione dei profilati di acciaio formati a freddo si dovranno rispettare le prescrizioni e le tolleranze previste dalle norme UNI 7344. Per le tolleranze degli spessori dei profilati e della rete, sarà accettata una tolleranza massima di ± 0,05 mm.

*Zincatura delle reti, fili, corde spinose.*

La rete, i fili e la corda spinosa saranno zincati a caldo secondo le caratteristiche della classe P (zincatura pesante). In particolare la quantità minima accettabile della massa di zinco dovrà essere di 230 g/m². Il rivestimento protettivo della rete dei fili e della corda spinosa delle recinzioni sarà costituito da zinco di qualità Zn 99,95 oppure da una lega eutettica di zinco ed alluminio. In questo caso, la percentuale di alluminio presente nella lega, non dovrà superare il 5%.

*Zincatura dei sostegni e delle saette tradizionali ad U.*

Il rivestimento delle superfici dei profilati sarà ottenuto con zincatura a bagno caldo, il quale dovrà presentarsi uniforme, perfettamente aderente, senza macchie e difetti, secondo le norme CNR-CEI n.7-6/VII 1968. Le quantità minime di rivestimento di zinco per unità di superficie sono di 350 g/m². Lo zinco impiegato per i rivestimenti dei profilati dovrà essere di qualità Zn 99,95.

*Accettazione dei materiali*

I materiali da impiegare nelle lavorazioni dovranno essere forniti da Produttori che dimostrino la disponibilità di un efficiente sistema per il controllo qualitativo della produzione. I materiali dovranno essere forniti da Produttori certificati secondo la UNI EN ISO 9001 in conformità a quanto previsto dalla Circolare del Ministero dei lavori Pubblici del 30/05/96 n.125 e successive modificazioni. In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori; ciò stante l'Appaltatore resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto possa dipendere dalla qualità dei materiali stessi. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di svolgere ispezioni in officina per constatare la rispondenza dei materiali impiegati circa le attestazioni e la regolarità delle lavorazioni. La qualità dei materiali sarà verificata tutte le volte che questa lo riterrà opportuno.

*Modalità d'esecuzione*

I lavori di posa in opera della recinzione si svolgeranno ai lati del corpo ferroviario e delle sue pertinenze, lungo un tracciato che di norma seguirà il limite della proprietà ferroviaria, salvo disposizioni diverse.
I montanti, come le saette, dovranno essere ancorati al terreno con blocchetti di calcestruzzo, mentre in caso di terreni rocciosi, strutture in calcestruzzo o pavimentazioni, saranno ancorati in fori di dimensioni adeguate, eseguiti preventivamente e successivamente riempiti di conglomerato cementizio reoplastico. Al piede della rete e fino a coprire la prima maglia in basso, sarà eseguito un rincalzo con terra o altro materiale analogo.
In corrispondenza di fossi o tombini saranno riportati pezzi di rete verticali od orizzontali sistemati e fissati a chiusura del cavo del fosso o dell'imbocco del tombino; nel caso che la recinzione termini o inizi contro o sopra un muro di sostegno, la rete dovrà essere prolungata e fissata al muro mediante chiodi sparati in modo da impedire il passaggio o lo scavalcamento dello stesso.

## 17.3. COLLAUDI

- Tutte le reti saranno soggette a collaudo per determinare l'efficienza, la funzionalità.

## 17.4. SPECIFICA DI CONTROLLO E COLLAUDO PER OPERE VARIE

### 17.4.1. Campo di applicazione

La presente specifica si applica ai vari tipi di attività connesse con la costruzione di Opere Varie.

### 17.4.2. Documenti di riferimento

La presente specifica fa riferimento:
alle Sezioni:
- Demolizioni;
- Movimenti di terra;
- Opere in conglomerato cementizio
- Fabbricati (opere edili)
- Pavimentazioni stradali
- Opere Varie;

a tutta la documentazione di progetto quale disegni, specifiche tecniche ecc.;
alle seguenti norme e regolamenti:
- Norma ISO/R 345-1985
- Norme UNI 6484-69; 8901; 8744; 5687; 9178/88; 6717/70; 5753; 7549; 7548; 8859; 7070-82; 5744-66; 7356; 3740;
- D.M. 14/09/05
- Norme DIN 68800 parte III; 53571;
- Norma ASTMMD 100377
- Norme FFSSCT113;CT116;GT113;GT116

### 17.4.3. Reti di distribuzione idrica

Per le reti interrate di proprietà e competenza di Enti erogatori di servizi, (per esempio gas, acqua, energia elettrica). L'APPALTATORE deve chiedere le autorizzazioni necessarie perché gli stessi Enti distributori eseguano i lavori o comunque li facciano realizzare sotto la loro sorveglianza e responsabilità.

17.4.3.1.Materiali e manufatti

Tutti i materiali e manufatti dovranno provenire da fornitori qualificati e notificati alla DIREZIONE LAVORI ed essere conformi alle specifiche di Progetto.

Tutti i materiali e manufatti da impiegare nella realizzazione delle reti di distribuzione debbono essere controllati per verificare che:
- siano conformi a quanto richiesto dagli elaborati progettuali;
- siano corredati di tutta la documentazione certificativi.

Le verifiche in oggetto saranno effettuate all'atto della ricezione in cantiere nelle aree di stoccaggio previste.

17.4.3.2.Scavi

Si applicano sostanzialmente le prescrizioni della specifica di C.Q. relative agli scavi.
a) Controllo, all'inizio di ogni lotto di scavo:
   - della applicazione della corretta metodologia operativa prevista dai progetto o più adatta alla natura del terreno e alle difficoltà di esecuzione;
   - della qualità e funzionalità dei mezzi di scavo impiegati;

b) controllo delle dimensioni di ogni scavo eseguito, dell'andamento del fondo e della sua conformità al progetto;
c) verifica delle condizioni di stabilità dello scavo e prescrizione delle opere di protezione ritenute

necessarie per evitare franamenti;
d) corretto smaltimento dei materiali di risulta: trasporto a discarica o riutilizzo.

Gli ultimi due controlli saranno effettuati per ogni lotto di scavo, con frequenza giornaliera.

17.4.3.3.Posa in opera reti interrate

17.4.3.3.1. Cavi interrati

I controlli da eseguire sono i seguenti:

- controllo corretta posa in opera in accordo al progetto e alle prescrizioni di capitolato e con adeguate metodologie di tiraggio nei caso di cavi posti in opera in tubi interrati;
- controllo posizionamento fascette identificative;
- controllo della corretta terminazione dei cavo tagliato e della relativa sigillatura, da eseguire per ogni taglio;

17.4.3.3.2. Tubazioni interrate

− Posa in opera

I controlli da eseguire sono i seguenti:

- controllo pulizia interna dei tubi da posare;
- controllo esecuzione dei giunti, in accordo al progetto, al capitolato ed alle procedure di connessione già comunicate alla DIREZIONE LAVORI;
- controllo omogeneità rivestimento isolante, da eseguire con un adeguato analizzatore, verificando che l'isolamento sopporti una tensione di almeno 10 KV.

Il controllo sarà eseguito a spot per ogni lotto giornaliero di lavoro.