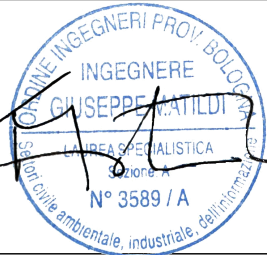


# REGIONE TOSCANA

Comune di Sansepolcro

REALIZZAZIONE DEL SECONDO PONTE SUL FIUME TEVERE  
E RACCORDI STRADALI DI COLLEGAMENTO FRA LA ZONA INDUSTRIALE  
"ALTO TEVERE" E VIA BARTOLOMEO DELLA GATTA  
SUL TRACCIATO DELLA VIA COMUNALE DEI "BANCHETTI"



**EUTECNE** s.r.l.  
architettura | ingegneria



## PROGETTO DEFINITIVO

### ATI DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

**MATILDI+PARTNERS**

Vicolo Sant'Arcangelo n. 2  
40123 Bologna

T +39 051 229107  
T +39 051 222249 r.a.

F +39 051 223242

areatecnica@matildi.com  
www.matildi.com

RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE  
PROF. ING. GIUSEPPE MATILDI

MANDANTE

**EUTECNE** s.r.l.  
architettura | ingegneria

Via Romana, 30  
06126 Perugia  
T +39 075 32 761  
F +39 075 34 470

Via Roma, 20/a  
57034 Campo nell'Elba (Li)  
Isola d'Elba  
T/F +39 0565 977 589

office@eutecne.it  
www.eutecne.it

RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE  
ING. FEDERICO FRAPPI

COMMITTENTE:



COMUNE DI SANSEPOLCRO

R.U.P.  
Dott.Ing. Remo Veneziani

### GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Prof. Ing. Giuseppe MATILDI  
Dott. Ing. Stefano ISANI  
Dott. Ing. Paolo BARRASSO  
Dott. Ing. Guido CAMMAROTA

Dott. Ing. Federico FRAPPI  
Dott. Ing. Francesco ARDINO  
Dott. Arch. Olimpia LORENZINI  
Dott. Arch. Vania MARGUTTI  
Dott. Geol. Armando GRAZI

Dott. Ing. Noemi BRIGANTI  
Dott. Ing. Luca DELL'AVERSANO  
Dott. Ing. Fabio PENNAZZI  
Dott. Ing. Paola GONFIA  
Dott.ssa Paola SFAMENI

TITOLO **DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE  
DEGLI ELEMENTI TECNICI**

CODICE PROGETTISTA

ELAB.  
**CR3A**

CODICE COMMESSA **B93DA\_CR3A**

REV. **- A**

SCALA  
--

| REV.N | DATA     | MOTIVO DELLA EMISSIONE | ESEGUITO        | CONTROLLATO | APPROVATO |
|-------|----------|------------------------|-----------------|-------------|-----------|
| A     | GEN 2016 | PROGETTO DEFINITIVO    | L.Dell'Aversano | F.Ardino    | F.Frappi  |
|       |          |                        |                 |             |           |
|       |          |                        |                 |             |           |



**REGIONE TOSCANA**  
**COMUNE DI SANSEPOLCRO**

REALIZZAZIONE DEL SECONDO PONTE SUL FIUME TEVERE  
E RACCORDI STRADALI DI COLLEGAMENTO FRA LA ZONA INDUSTRIALE "ALTO  
TEVERE" E VIA BARTOLOMEO DELLA GATTA  
SUL TRACCIATO DELLA VIA COMUNALE DEI "BANCHETTI"

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE  
DEGLI ELEMENTI TECNICI**

## INDICE CAPITOLI

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI</b> .....   | <b>10</b> |
| 1.1. ACQUA.....   | 10        |
| 1.2. LEGANTI IDRAULICI.....   | 10        |
| 1.3. CALCI AEREE - POZZOLANE.....   | 11        |
| 1.4. GHIAIE - GHIAIETTI - PIETRISCHI - PIETRISCHETTI - SABBIE PER STRUTTURE IN MURATURA ED IN CONGLOMERATI CEMENTIZI.....           | 11        |
| 1.5. PIETRISCHI - PIETRISCHETTI - GRANIGLIE - SABBIE - ADDITIVI DA IMPIEGARE PER PAVIMENTAZIONI.....                                | 11        |
| 1.6. GHIAIE - GHIAIETTI PER PAVIMENTAZIONI.....   | 11        |
| 1.7. CUBETTI DI PIETRA.....   | 11        |
| 1.8. CORDONI - BOCCHETTE DI SCARICO - RISVOLTI - GUIDE DI RISVOLTO - SCIVOLI PER ACCESSI - GUIDE E MASSELLI PER PAVIMENTAZIONE..... | 11        |
| 1.9. PIETRA NATURALE.....   | 11        |
| 1.10. MANUFATTI DI CEMENTO.....   | 12        |
| 1.11. MATERIALI FERROSI.....  | 12        |
| 1.12. LEGNAMI.....  | 12        |
| 1.13. BITUMI - EMULSIONI BITUMINOSE.....  | 12        |
| 1.14. BITUMI LIQUIDI O FLUSSATI.....  | 12        |
| 1.15. POLVERI DI ROCCIA ASFALTICA.....  | 12        |
| 1.16. OLI ASFALTICI.....  | 13        |
| 1.17. MATERIALI PER OPERE IN VERDE.....   | 13        |
| 1.18. TELI DI "GEOTESSILE".....   | 14        |
| <b>2. MOVIMENTI MATERIE</b> .....   | <b>16</b> |
| 2.1. GENERALITÀ E DEFINIZIONI.....  | 17        |
| 2.2. PIANIFICAZIONE DEI LAVORI.....   | 17        |
| 2.2.1. Discariche e luoghi di deposito.....   | 17        |
| 2.2.2. CAVE DI PRESTITO.....  | 18        |
| 2.2.3. Impianti di produzione di materiali riciclati.....   | 18        |
| 2.2.4. Campo prove per l'impiego dei materiali.....   | 22        |
| 2.2.5. Piano particolareggiato delle lavorazioni.....   | 23        |
| 2.3. QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI.....  | 24        |
| 2.3.1. Materiali sciolti naturali.....  | 24        |
| 2.3.2. Materiali riciclati.....   | 24        |
| 2.4. ESECUZIONE DEI LAVORI.....   | 26        |
| 2.4.1. Scavi e demolizioni per la formazione del corpo stradale ex novo.....  | 26        |
| 2.4.2. Demolizione delle sovrastrutture esistenti.....  | 29        |
| 2.4.3. Piano di posa dei rilevati.....  | 30        |
| 2.4.4. Strati anticapillari.....  | 31        |
| 2.4.5. Corpo del rilevato.....  | 33        |
| 2.4.6. Stabilizzazione delle terre con calce o con calce e cemento.....   | 36        |
| 2.4.7. Sottofondo.....  | 39        |
| 2.5. CONTROLLI.....   | 41        |
| 2.5.1. Controllo delle forniture.....   | 42        |
| 2.5.2. Controlli prestazionali sugli strati finiti.....   | 42        |
| 2.5.3. Riempimenti.....   | 44        |
| <b>3. ACCIAIO DI ARMATURA PER C.A.</b> .....  | <b>45</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>3.1. ACCIAIO PER C.A.</b> .....  | <b>45</b> |
| 3.1.1. Reti in barre di acciaio elettrosaldate.....   | 46        |
| 3.1.2. Posa in opera delle armature per c.a.....  | 46        |
| 3.1.3. Giunzioni di barre da c.a.....   | 46        |
| <b>3.2. COPRIFERRI</b> .....  | <b>47</b> |
| <b>3.3. TOLLERANZE</b> .....  | <b>47</b> |
| <b>4. CALCESTRUZZI</b> .....  | <b>49</b> |
| <b>4.1. GENERALITÀ</b> .....  | <b>50</b> |
| <b>4.2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....  | <b>50</b> |
| <b>4.3. CLASSIFICAZIONE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI</b> .....                                  | <b>51</b> |
| 4.3.1. Durabilità dei calcestruzzi.....   | 51        |
| <b>4.4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI I CONGLOMERATI CEMENTIZI</b> .....          | <b>53</b> |
| 4.4.1. Cemento.....   | 53        |
| 4.4.2. Inerti.....  | 53        |
| 4.4.3. Acqua di impasto.....  | 55        |
| 4.4.4. Additivi e disarmanti.....   | 55        |
| 4.4.5. Additivi fluidificanti, superfluidificanti e iper fluidificanti.....                   | 55        |
| 4.4.6. Additivi ritardanti e acceleranti.....   | 56        |
| 4.4.7. Additivi antigelo.....   | 56        |
| 4.4.8. Silice ad alta superficie specifica (Silicafume).....                                  | 56        |
| <b>4.5. QUALIFICA PRELIMINARE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI</b> .....                            | <b>57</b> |
| 4.5.1. Prove in fase di qualifica dei conglomerati cementizi.....                             | 58        |
| <b>4.6. CONTROLLI IN CORSO D'OPERA</b> .....  | <b>60</b> |
| 4.6.1. Inerti.....  | 60        |
| 4.6.2. Resistenza dei conglomerati cementizi.....   | 60        |
| 4.6.3. Controllo della lavorabilità.....  | 62        |
| 4.6.4. Controllo del rapporto acqua/cemento.....  | 63        |
| 4.6.5. Controllo dell'omogeneità del conglomerato cementizio.....                             | 63        |
| 4.6.6. Controllo del contenuto di aria.....   | 63        |
| 4.6.7. Controllo del contenuto, del tipo e della classe di cemento.....                       | 63        |
| 4.6.8. Controllo della Rck.....   | 63        |
| 4.6.9. Controllo della peso di volume.....  | 63        |
| <b>4.7. TECNOLOGIA ESECUTIVA DELLE OPERE</b> .....  | <b>63</b> |
| 4.7.1. Confezione dei conglomerati cementizi.....   | 63        |
| 4.7.2. Trasporto.....   | 65        |
| 4.7.3. Posa in opera.....   | 65        |
| 4.7.4. Tolleranze geometriche.....  | 67        |
| 4.7.5. Riprese di getto.....  | 67        |
| 4.7.6. Posa in opera in climi freddi.....   | 67        |
| 4.7.7. Posa in opera in climi caldi.....  | 67        |
| 4.7.8. Stagionatura e disarmo.....  | 68        |
| 4.7.9. Maturazione accelerata con trattamenti termici.....                                    | 68        |
| 4.7.10. Disarmo.....  | 68        |
| 4.7.11. Protezione dopo la scasseratura.....  | 69        |
| 4.7.12. Giunti di discontinuità nelle strutture in conglomerato cementizio.....               | 69        |
| <b>5. CASSEFORME E CENTINATURA</b> .....  | <b>71</b> |
| <b>5.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....  | <b>72</b> |
| <b>5.2. CASSEFORME, ARMATURE DI SOSTEGNO, CENTINATURE E ATTREZZATURE DI COSTRUZIONE</b> ..... | <b>72</b> |
| <b>6. PALI</b> .....  | <b>74</b> |
| <b>6.1. CLASSIFICAZIONE</b> .....   | <b>75</b> |
| 6.1.1. Definizioni.....   | 75        |
| 6.1.2. Normative di riferimento.....  | 75        |
| 6.1.3. Preparazione del piano di lavoro.....  | 75        |
| <b>6.2. PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO</b> .....   | <b>75</b> |
| 6.2.1. Soggezioni geotecniche e ambientali.....   | 75        |

|   |            |
|---|------------|
| 6.2.2. Prove tecnologiche preliminari.....                    | 76         |
| 6.2.3. Materiali.....   | 77         |
| <b>6.3. TIPOLOGIE ESECUTIVE.....</b>                          | <b>80</b>  |
| 6.3.2. Pali trivellati.....                                   | 82         |
| <b>6.4. PROVE DI CARICO.....</b>                              | <b>85</b>  |
| 6.4.1. Generalità.....  | 85         |
| 6.4.2. Prove sui pali di grande diametro.....                 | 86         |
| 6.4.3. Prove non distruttive.....                             | 90         |
| <b>6.5. SPECIFICHE DI CONTROLLO.....</b>                      | <b>91</b>  |
| 6.5.1. Generalità.....  | 92         |
| 6.5.2. Pali infissi.....                                      | 92         |
| 6.5.3. Pali trivellati.....                                   | 93         |
| 6.5.4. Pali trivellati ad elica.....                          | 96         |
| <b>7. PREFABBRICATI.....</b>                                  | <b>98</b>  |
| 7.1. GENERALITÀ.....  | 99         |
| 7.2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....                            | 99         |
| 7.3. PRODOTTI DI SERIE.....                                   | 100        |
| <b>7.4. PRODOTTI IN STABILIMENTO O A PIÈ D'OPERA.....</b>     | <b>100</b> |
| 7.4.1. Impianti di prefabbricazione e modalità esecutive..... | 100        |
| 7.4.2. Controllo sulle casseforme.....                        | 100        |
| 7.4.3. Controlli sul posizionamento delle armature.....       | 101        |
| 7.4.4. Calcestruzzo.....                                      | 101        |
| 7.4.5. Esecuzione getto.....                                  | 101        |
| 7.4.6. Stagionatura.....                                      | 101        |
| 7.4.7. Scassero.....  | 101        |
| 7.4.8. Controlli in corso d'opera.....                        | 101        |
| 7.4.9. Stoccaggio.....  | 101        |
| 7.4.10. Trasporto e montaggio.....                            | 102        |
| 7.4.11. Appoggi.....  | 103        |
| 7.5. ONERI SPECIFICI DELL'APPALTATORE.....                    | 103        |
| <b>8. PONTI, VIADOTTI E SOTTOVIA.....</b>                     | <b>104</b> |
| 8.1. GENERALITÀ.....  | 104        |
| <b>8.2. PONTI E VIADOTTI IN CARPENTERIA METALLICA.....</b>    | <b>105</b> |
| 8.2.1. Posa in opera manufatti prefabbricati.....             | 105        |
| 8.2.2. Martinetti provvisori.....                             | 105        |
| 8.2.3. Collegamenti provvisori con barre tipo Dywidag.....    | 106        |
| 8.2.4. Montaggio.....   | 106        |
| <b>8.3. VERNICIATURE E/O IMPERMEABILIZZAZIONE.....</b>        | <b>106</b> |
| <b>8.4. APPARECCHI D'APPOGGIO.....</b>                        | <b>106</b> |
| 8.4.1. Generalità.....  | 106        |
| 8.4.2. Qualificazione.....                                    | 107        |
| 8.4.3. Materiali e norme di accettazione.....                 | 108        |
| 8.4.4. Prove sui materiali.....                               | 109        |
| 8.4.5. Fabbricazione.....                                     | 109        |
| 8.4.6. Assemblaggio.....                                      | 111        |
| 8.4.7. Prove di accettazione sul prodotto finito.....         | 111        |
| 8.4.8. Posa in opera.....                                     | 112        |
| <b>8.5. DISPOSITIVI ANTISISMICI.....</b>                      | <b>112</b> |
| 8.5.1. Generalità.....  | 112        |
| 8.5.2. Requisiti prestazionali.....                           | 113        |
| 8.5.3. Requisiti progettuali.....                             | 113        |
| 8.5.4. Prove di qualificazione.....                           | 114        |
| 8.5.5. Prove di accettazione.....                             | 115        |
| 8.5.6. Fabbricazione, assemblaggio e posa in opera.....       | 115        |
| 8.5.7. Protezione delle parti metalliche.....                 | 115        |
| 8.5.8. Posa in opera.....                                     | 115        |

|   |            |
|---|------------|
| 8.5.9. Oneri a carico dell'appaltatore.....   | 115        |
| <b>8.6. GIUNTI DI DILATAZIONE.....</b>  | <b>115</b> |
| <b>8.7. DISPOSITIVI PER LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE.....</b>   | <b>116</b> |
| <b>8.8. SOTTOVIA.....</b>   | <b>116</b> |
| <b>8.9. SPECIFICHE DI CONTROLLO.....</b>  | <b>116</b> |
| <b>9. IMPERMEABILIZZAZIONE MANUFATTI IN CLS.....</b>  | <b>117</b> |
| 9.1. GENERALITÀ.....  | 118        |
| <b>9.2. MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE REALIZZATO CON MEMBRANA ELASTICA<br/>CONTINUA IN MATERIALE SINTETICO EPOSSIPOLIURETANICO SPRUZZATA IN OPERA....</b> | <b>119</b> |
| 9.2.1. Primer di adesione.....  | 119        |
| 9.2.2. Membrana impermeabilizzante sintetica elastica continua spruzzata in opera.....  | 119        |
| 9.2.3. Mano d'attacco per il collegamento della membrana con la pavimentazione.....   | 119        |
| 9.2.4. Modalità di applicazione.....  | 119        |
| <b>9.3. CAPPA DI MASTICE DI ASFALTO SINTETICO.....</b>  | <b>120</b> |
| 9.3.1. Materiali.....   | 120        |
| 9.3.2. Modalità di applicazione.....  | 121        |
| 9.3.3. Modalità di preparazione del mastice di asfalto sintetico.....   | 122        |
| <b>9.4. GUAINES BITUMINOSE PREFORMATE ARMATE.....</b>   | <b>122</b> |
| 9.4.1. Caratteristiche dei materiali e prove di accettazione.....   | 122        |
| 9.4.2. Guaina preformata.....   | 123        |
| 9.4.3. Modalità di posa in opera e prove sul prodotto finito.....   | 124        |
| <b>9.5. MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE CONTINUO REALIZZATO IN OPERA CON BITUME<br/>MODIFICATO CON ELASTOMERI ED ARMATO CON TESSUTO NON TESSUTO.....</b>    | <b>125</b> |
| 9.5.1. Materiali.....   | 125        |
| 9.5.2. Modalità esecutive.....  | 125        |
| <b>9.6. VERNICI BICOMPONENTI IN CATRAME E RESINE EPOSSIDICHE.....</b>   | <b>125</b> |
| 9.6.1. Pianificazione.....  | 126        |
| 9.6.2. Elementi protettivi dalla corrosione dell'impalcato.....   | 126        |
| 9.6.3. Materiali.....   | 127        |
| 9.6.4. Esecuzione del lavoro.....   | 127        |
| <b>9.7. SPECIFICHE DI CONTROLLO.....</b>  | <b>128</b> |
| <b>9.8. PROVE DI ACCETTAZIONE.....</b>  | <b>128</b> |
| <b>9.9. CONTROLLI SULLA POSA IN OPERA.....</b>  | <b>128</b> |
| <b>10. PAVIMENTAZIONI.....</b>  | <b>129</b> |
| <b>10.1. FONDAZIONI E BASI NON LEGATE.....</b>  | <b>130</b> |
| 10.1.1. Generalità e definizioni.....   | 130        |
| 10.1.2. Qualificazione dei materiali.....   | 130        |
| 10.1.3. Accettazione delle miscele.....   | 131        |
| 10.1.4. Confezionamento delle miscele.....  | 131        |
| 10.1.5. Esecuzione dei lavori.....  | 131        |
| 10.1.6. Controlli.....  | 132        |
| <b>10.2. STRATI DI FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO.....</b>   | <b>135</b> |
| 10.2.1. Generalità e definizioni.....   | 135        |
| 10.2.2. Qualificazione dei materiali.....   | 135        |
| 10.2.3. COMPOSIZIONE DELLE MISCELE.....   | 138        |
| 10.2.4. Accettazione delle miscele.....   | 139        |
| 10.2.5. Confezionamento delle miscele.....  | 139        |
| 10.2.6. Esecuzione dei lavori.....  | 139        |
| 10.2.7. Controlli.....  | 140        |
| <b>10.3. MISCELE PER STRATI DI BASE OTTENUTE DA RICICLAGGIO A FREDDO DI<br/>CONGLOMERATI BITUMINOSI FRESATI.....</b>                                      | <b>143</b> |
| 10.3.1. Generalità e definizioni.....   | 143        |
| 10.3.2. Qualificazione dei materiali.....   | 143        |
| 10.3.3. Miscela.....  | 145        |

|  |            |
|--|------------|
| 10.3.4. Esecuzione dei lavori.....   | 147        |
| 10.3.5. Controlli.....   | 148        |
| <b>10.4. STRATI DELLA PAVIMENTAZIONE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO.....</b>               | <b>151</b> |
| 10.4.1. Generalità e definizioni.....  | 151        |
| 10.4.2. Qualificazione dei materiali.....  | 151        |
| 10.4.3. Miscele.....   | 156        |
| 10.4.4. Accettazione delle miscele.....  | 157        |
| 10.4.5. Esecuzione dei lavori.....   | 158        |
| 10.4.6. Controlli.....   | 160        |
| <b>10.5. PAVIMENTAZIONI IN terra stabilizzata.....</b>   | <b>164</b> |
| 10.5.1. Stabilizzante in polvere fibrorinforzato.....  | 164        |
| <b>10.6. PAVIMENTAZIONI IN CALCESTRUZZO.....</b>   | <b>164</b> |
| 10.6.1. Pavimentazione industriale sistema a "spolvero".....                                   | 164        |
| <b>11. BARRIERE.....</b>   | <b>166</b> |
| <b>11.1. GENERALITÀ.....</b>   | <b>167</b> |
| 11.1.1. Prove tecniche (statiche dinamiche) sulle barriere.....                                | 167        |
| 11.1.2. Caratteristiche delle barriere di sicurezza.....                                       | 167        |
| <b>12. SEGNALETICA ORIZZONTALE, VERTICALE E COMPLEMENTARE.....</b>                             | <b>170</b> |
| <b>12.1. GENERALITÀ.....</b>   | <b>171</b> |
| <b>12.2. SEGNALETICA VERTICALE.....</b>  | <b>171</b> |
| 12.2.1. Pellicole.....   | 172        |
| 12.2.2. Individuazione delle pellicole retroriflettenti.....                                   | 181        |
| 12.2.3. Supporti in lamiera.....   | 181        |
| 12.2.4. Attacchi.....  | 182        |
| 12.2.5. Sostegni.....  | 182        |
| 12.2.6. Sostegni a portale.....  | 182        |
| 12.2.7. Fondazioni e posa in opera.....  | 183        |
| <b>12.3. SEGNALETICA COMPLEMENTARE.....</b>  | <b>183</b> |
| 12.3.1. Delineatori stradali.....  | 183        |
| 12.3.2. Prove ed accertamenti.....   | 184        |
| 12.3.3. Coni h = 32,7 cm.....  | 185        |
| 12.3.4. Coni h = 50 cm.....  | 187        |
| 12.3.5. Occhi di gatto.....  | 188        |
| 12.3.6. Dispositivo per la riflettizzazione degli alberi.....                                  | 189        |
| <b>12.4. SEGNALETICA ORIZZONTALE IN VERNICE.....</b>   | <b>189</b> |
| 12.4.1. Generalità.....  | 190        |
| 12.4.2. Prove ed accertamenti.....   | 190        |
| 12.4.3. Caratteristiche generali delle vernici.....  | 190        |
| <b>12.5. SEGNALETICA ORIZZONTALE IN TERMOSTRUZZATO PLASTICO (SPRAY PLASTIC).....</b>           | <b>192</b> |
| 12.5.1. Generalità.....  | 192        |
| 12.5.2. Composizione del materiale.....  | 192        |
| 12.5.3. Sistema di applicazione.....   | 194        |
| <b>12.6. SEGNALETICA ORIZZONTALE PERMANENTE MATERIALI PREFORMATI<br/>RETRORIFRANGENTI.....</b> | <b>194</b> |
| <b>12.7. GARANZIE SUI PREFORMATI RETRORIFRANGENTI.....</b>                                     | <b>196</b> |
| <b>12.8. SEGNALETICA ORIZZONTALE TEMPORANEA MATERIALI PREFORMATI<br/>RETRORIFRANGENTI.....</b> | <b>197</b> |
| <b>13. OPERE AMBIENTALI.....</b>   | <b>198</b> |
| <b>13.1. SOPRALLUOGHI ED ACCERTAMENTI PRELIMINARI.....</b>                                     | <b>199</b> |
| <b>13.2. CONSERVAZIONE E RECUPERO DELLE PIANTE ESISTENTI NELLA ZONA.....</b>                   | <b>199</b> |
| <b>13.3. ACCANTONAMENTO DEL TERRENO VEGETALE.....</b>  | <b>199</b> |
| <b>13.4. APPROVVIGIONAMENTO D'ACQUA.....</b>   | <b>199</b> |
| <b>13.5. PULIZIA DELL'AREA DI CANTIERE.....</b>  | <b>199</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <b>13.6. GARANZIA DI ATTECCHIMENTO.....</b>   | <b>199</b> |
| <b>13.7. GARANZIA PER I TAPPETI ERBOSI.....</b>   | <b>200</b> |
| <b>13.8. RESPONSABILITÀ DELL'IMPRESA NEL CORSO DEI LAVORI.....</b>  | <b>200</b> |
| <b>13.9. MATERIALI.....</b>   | <b>200</b> |
| <b>13.10. MATERIALE AGRARIO.....</b>  | <b>200</b> |
| 13.10.1. Terra di coltivo e riportata.....  | 200        |
| 13.10.2. Substrati di coltivazione.....   | 200        |
| 13.10.3. Concimi minerali ed organici.....  | 201        |
| 13.10.4. Ammendanti e correttivi.....   | 201        |
| 13.10.5. Pacciamature.....  | 201        |
| 13.10.6. Fitofarmaci.....   | 201        |
| 13.10.7. Pali di sostegno, ancoraggi e legature.....  | 201        |
| 13.10.8. Drenaggi e materiali antierosione.....   | 201        |
| 13.10.9. Acqua.....   | 202        |
| <b>13.11. MATERIALE VEGETALE.....</b>   | <b>202</b> |
| 13.11.1. Alberi.....  | 202        |
| 13.11.2. Arbusti e cespugli.....  | 203        |
| 13.11.3. Piante esemplari.....  | 203        |
| 13.11.4. Piante tappezzanti.....  | 203        |
| 13.11.5. Piante rampicanti, sarmentose, ricadenti.....  | 203        |
| <b>13.12. PULIZIA GENERALE DEL TERRENO.....</b>   | <b>203</b> |
| <b>13.13. LAVORAZIONI PRELIMINARI.....</b>  | <b>204</b> |
| <b>13.14. LAVORAZIONE DEL SUOLO.....</b>  | <b>204</b> |
| <b>13.15. DRENAGGI LOCALIZZATI E IMPIANTI TECNICI.....</b>  | <b>204</b> |
| <b>13.16. CORREZIONE, AMMENDAMENTO E CONCIMAZIONE DI FONDO DEL TERRENO -<br/>IMPIEGO DI FITOFARMACI E DISERBANTI.....</b> | <b>204</b> |
| <b>13.17. TRACCIAMENTI E PICCHETTATURE.....</b>   | <b>204</b> |
| <b>13.18. PREPARAZIONE DELLE BUCHE E DEI FOSSI.....</b>   | <b>205</b> |
| <b>13.19. APPORTO DI TERRA DI COLTIVO.....</b>  | <b>205</b> |
| <b>13.20. PREPARAZIONE DEL TERRENO PER I PRATI.....</b>   | <b>205</b> |
| <b>13.21. MESSA A DIMORA DI ALBERI, ARBUSTI E CESPUGLI.....</b>   | <b>205</b> |
| 13.21.1. Alberi, arbusti e cespugli a foglia caduca.....  | 206        |
| 13.21.2. Alberi, arbusti e cespugli sempreverdi.....  | 206        |
| <b>13.22. MESSA A DIMORA DELLE PIANTE TAPPEZZANTI, RAMPICANTI, SARMENTOSE E<br/>RICADENTI.....</b>                        | <b>206</b> |
| <b>13.23. FORMAZIONE DEI PRATI.....</b>   | <b>206</b> |
| 13.23.1. Semina dei tappeti erbosi.....   | 207        |
| <b>13.24. MANUTENZIONE DELLE OPERE A VERDE PER IL PERIODO DI GARANZIA.....</b>  | <b>207</b> |
| 13.24.1. Irrigazioni.....   | 207        |
| 13.24.2. Ripristino conche e rinalzo.....   | 207        |
| 13.24.3. Falciature, diserbi e sarchiature.....   | 208        |
| 13.24.4. Concimazioni.....  | 208        |
| 13.24.5. Potature.....  | 208        |
| 13.24.6. Eliminazione e sostituzione delle piante morte.....  | 208        |
| 13.24.7. Rinnovo delle parti non perfettamente riuscite dei tappeti erbosi.....   | 208        |
| 13.24.8. Difesa dalla vegetazione infestante.....   | 208        |
| 13.24.9. Sistemazione dei danni causati da erosione.....  | 208        |
| 13.24.10. Ripristino della verticalità delle piante.....  | 208        |
| <b>14. NORME GENERALI PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI.....</b>  | <b>209</b> |
| <b>14.1. RESPONSABILITÀ DELL'APPALTATORE.....</b>   | <b>209</b> |
| <b>14.2. PRESCRIZIONI GENERALI DI ESECUZIONE DELLE PRINCIPALI CATEGORIE DI LAVORO E<br/>FORNITURE.....</b>                | <b>210</b> |



|   |            |
|---|------------|
| <b>14.3. MOVIMENTI DI TERRE - SCAVI IN GENERE.....</b>  | <b>210</b> |
| 14.3.1. Scavi di sbancamento.....   | 211        |
| 14.3.2. Scavi di fondazione.....  | 211        |
| <b>14.4. CONGLOMERATI CEMENTIZI SEMPLICI ED ARMATI.....</b>   | <b>211</b> |
| 14.4.1. Generalità.....   | 211        |
| 14.4.2. Componenti.....   | 211        |
| 14.4.3. Resistenza dei calcestruzzi.....  | 211        |
| 14.4.4. Posa in opera.....  | 212        |
| <b>14.5. CASSEFORME, ARMATURE.....</b>  | <b>212</b> |
| <b>14.6. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO.....</b>  | <b>212</b> |
| 14.6.1. Generalità.....   | 212        |
| <b>14.7. ACCIAI PER CEMENTO ARMATO NORMALE.....</b>   | <b>212</b> |
| 14.7.1. Barre tonde lisce - FE b22k - FE b32k.....  | 212        |
| 14.7.2. Barre ad aderenza migliorata - FE b38k - FE b44k.....   | 213        |
| <b>15. NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI.....</b>   | <b>213</b> |
| <b>15.1. NORME GENERALI.....</b>  | <b>214</b> |
| <b>15.2. LAVORI IN ECONOMIA.....</b>  | <b>214</b> |
| <b>15.3. SCAVI - DEMOLIZIONI - RILEVATI.....</b>  | <b>214</b> |
| 15.3.1. Scavi.....  | 214        |
| 15.3.2. Demolizioni.....  | 215        |
| 15.3.3. Preparazione del piano di posa.....   | 216        |
| 15.3.4. Formazione di rilevati, riempimenti di cavi e rilevati di precarico.....  | 217        |
| <b>15.4. PALI DI FONDAZIONE.....</b>  | <b>218</b> |
| <b>15.5. TRATTAMENTI COLONNARI (COLONNE CONSOLIDATE JET-GROUTING E COLONNE IN GHIAIA).....</b>  | <b>219</b> |
| <b>15.6. CONGLOMERATI CEMENTIZI.....</b>  | <b>220</b> |
| 15.6.1. Conglomerati cementizi.....   | 220        |
| <b>15.7. CASSEFORME - ARMATURE - CENTINATURE - VARO TRAVI PREFABBRICATE.....</b>  | <b>221</b> |
| 15.7.1. Casseforme.....   | 222        |
| 15.7.2. Armature.....   | 222        |
| 15.7.3. Attrezzature speciali autovaranti e autoportanti per l'esecuzione in opera d'impalcati di ponti e viadotti.....   | 222        |
| 15.7.4. Varo di travi prefabbricate in c.a. o c.a.p. - Armatura di sostegno per getto di solette e traversi su travi varate.....  | 223        |
| <b>15.8. ACCIAIO PER C.A. E C.A.P.....</b>  | <b>223</b> |
| <b>15.9. MURI IN ELEMENTI PREFABBRICATI - STRUTTURE DI SOSTEGNO - PANNELLI DI RIVESTIMENTO PREFABBRICATI.....</b>   | <b>224</b> |
| <b>15.10. INTONACO - IMPERMEABILIZZAZIONI - TRATTAMENTO IMPREGNANTE DI SUPERFICI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO - CONGLOMERATO CEMENTIZIO SPRUZZATO PER RIVESTIMENTO DI PARETI.....</b> | <b>224</b> |
| 15.10.1. Impermeabilizzazioni in cartongesso bitumato e in mastice d'asfalto sintetico e manti impermeabili costituiti da membrane a base bituminosa.....                           | 224        |
| 15.10.2. Manti impermeabili di copertura costituiti da fogli in PVC o in gomma sintetica.....   | 224        |
| 15.10.3. Impermeabilizzazione di impalcati e gallerie artificiali.....  | 225        |
| <b>15.11. MANUFATTI METALLICI.....</b>  | <b>225</b> |
| <b>15.12. FONDAZIONI STRADALI.....</b>  | <b>225</b> |
| <b>15.13. CONGLOMERATI BITUMINOSI.....</b>  | <b>226</b> |
| <b>15.14. CANALETTE - MANTELLATE - RIVESTIMENTO DI CUNETTE E FOSSI - MANUFATTI TUBOLARI IN LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA.....</b>  | <b>226</b> |
| <b>15.15. OPERE IN VERDE.....</b>   | <b>226</b> |
| <b>15.16. SEGNALETICA VERTICALE ED ORIZZONTALE.....</b>   | <b>227</b> |
| 15.16.1. Segnaletica verticale.....   | 227        |

|  |            |
|--|------------|
| 15.16.2. Segnaletica orizzontale.....                  | 227        |
| <b>15.17. TUBAZIONI, FOGNATURE, MANUFATTI.....</b>     | <b>227</b> |
| 15.17.1. Generalità.....                               | 227        |
| 15.17.2. Tubazioni in PVC rigido.....                  | 228        |
| 15.17.3. Tubazioni in polietilene ad alta densità..... | 228        |
| 15.17.4. Tubi in cemento pressato per fognature.....   | 228        |
| 15.17.5. Pozzetti.....                                 | 228        |
| 15.17.6. Vasche.....                                   | 228        |

## 1. QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

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

Per la provvista di materiali in genere, si richiamano espressamente le prescrizioni dell'art. 16 del Capitolato Generale d'Appalto DM 145/2000.

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

I materiali proveranno da località o fabbriche che l'Impresa riterrà di sua convenienza, purché corrispondano ai requisiti di cui sopra.

Quando la Direzione Lavori abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa.

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

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

### 1.1. ACQUA.

Dovrà essere dolce, limpida, esente da tracce di cloruri o solfati, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso cui le acque medesime sono destinate e rispondere ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate con D.M. 14 febbraio 1992 (S.O. alla G.U. n. 65 del 18/3/1992) in applicazione dell'Art 21 della Legge 1086 del 5 novembre 1971.

### 1.2. LEGANTI IDRAULICI.

Dovranno corrispondere, come richiamato dal D.M. 14 febbraio 1992, alla legge 26 maggio 1965 n. 595 (G.U. n. 143 del 10.06.1965).

I leganti idraulici si distinguono in:

**1) Cementi** (di cui all'art. 1 lettera A) - B) - C) della legge 595/1965). Dovranno rispondere alle caratteristiche tecniche dettate da:

- D.M. 3.6.1968 che approva le "Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi" (G.U. n. 180 del 17.7.1968).

- D.M. 20.11.1984 "Modificazione al D.M. 3.6.1968 recante norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi" (G.U. n. 353 del 27.12.1984).

- Avviso di rettifica al D.M. 20.11.1984 (G.U. n. 26 del 31.1.1985).

- D.I. 9.3.1988 n. 126 "Regolamento del servizio di controllo e certificazione di qualità dei cementi".

**2) Agglomerati cementizi e calci idrauliche** (di cui all'art. 1 lettera D) e E) della Legge 595/1965). Dovranno corrispondere alle caratteristiche tecniche dettate da:

- D.M. 31.8.1972 che approva le "Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calci idrauliche" (G.U. n. 287 del 6.11.1972).

**1.3. CALCI AEREE - POZZOLANE.**

Dovranno corrispondere alle "Norme per l'accettazione delle calci aeree", R.D. 16 novembre 1939, n. 2231 ed alle "Norme per l'accettazione delle pozzolane e dei materiali a comportamento pozzolanico", R.D. 16 novembre 1939, n. 2230.

**1.4. GHIAIE - GHIAIETTI - PIETRISCHI - PIETRISCHETTI - SABBIE PER STRUTTURE IN MURATURA ED IN CONGLOMERATI CEMENTIZI.**

Dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti dal D.M. 14 febbraio 1992 norme tecniche alle quali devono uniformarsi le costruzioni in conglomerato cementizio, normale e precompresso, ed a struttura metallica.

Le dimensioni dovranno essere sempre le maggiori tra quelle previste come compatibili per la struttura a cui il calcestruzzo è destinato; di norma però non si dovrà superare la larghezza di cm 5 (per larghezza s'intende la dimensione dell'inerte misurato in una setacciatrice) se si tratta di lavori correnti di fondazione; di cm 4 se si tratta di getti per volti, per lavori di elevazione, muri di sostegno, piedritti, rivestimenti di scarpate o simili; di cm 3 se si tratta di cementi armati; e di cm 2 se si tratta di cappe o di getti di limitato spessore (parapetti, cunette, copertine, ecc.).

Per le caratteristiche di forma valgono le prescrizioni riportate nello specifico articolo riguardante i conglomerati cementizi.

**1.5. PIETRISCHI - PIETRISCHETTI - GRANIGLIE - SABBIE - ADDITIVI DA IMPIEGARE PER PAVIMENTAZIONI.**

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti "Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali" del C.N.R. (Fascicolo n. 4-Ed. 1953) ed essere rispondenti alle specificazioni riportate nelle rispettive norme di esecuzione dei lavori.

**1.6. GHIAIE - GHIAIETTI PER PAVIMENTAZIONI.**

Dovranno corrispondere, come pezzatura e caratteristiche, ai requisiti stabiliti nella "Tabella UNI 2710 - Ed. giugno 1945" ed eventuali e successive modifiche.

Dovranno essere costituiti da elementi sani e tenaci, privi di elementi alterati, essere puliti e particolarmente esenti da materie eterogenee non presentare perdite di peso, per decantazione in acqua, superiori al 2%.

**1.7. CUBETTI DI PIETRA.**

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

**1.8. CORDONI - BOCCHETTE DI SCARICO - RISVOLTI - GUIDE DI RISVOLTO - SCIVOLI PER ACCESSI - GUIDE E MASSELLI PER PAVIMENTAZIONE.**

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle "Tabelle UNI 2712, 2713, 2714, 2715, 2716, 2717, 2718 - Ed. 1945".

**1.9. PIETRA NATURALE.**

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

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

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

#### **1.10. MANUFATTI DI CEMENTO.**

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

#### **1.11. MATERIALI FERROSI.**

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

In particolare essi si distinguono in:

1) - acciai per c.a., c.a.p. e carpenteria metallica: dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate con D.M. 14 febbraio 1992 in applicazione dell'art. 21 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086;

2) - lamierino di ferro per formazione di guaine per armature per c.a.p.:

dovrà essere del tipo laminato a freddo, di qualità extra dolce ed avrà spessore di 2/10 di mm;

3) - acciaio per apparecchi di appoggio e cerniere: dovrà soddisfare ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate con D.M. 14 febbraio 1992 in applicazione dell'art. 21 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086.

#### **1.12. LEGNAMI.**

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

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

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

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

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

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

#### **1.13. BITUMI - EMULSIONI BITUMINOSE.**

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

#### **1.14. BITUMI LIQUIDI O FLUSSATI.**

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

#### **1.15. POLVERI DI ROCCIA ASFALTICA**

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

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

Le polveri della I categoria servono per la preparazione a freddo di tappeti composti di polvere asfaltica, pietrischetto ed olio; le polveri della II categoria servono per i conglomerati, gli asfalti colati e le mattonelle; le polveri della III categoria servono come additivi nei conglomerati e per aggiunte ai bitumi ed ai catrami.

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

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

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

#### **1.16. OLI ASFALTICI**

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

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

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

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

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

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

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

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

#### **1.17. MATERIALI PER OPERE IN VERDE.**

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

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

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

4) *Semi*: per il seme l'Impresa è libera di approvvigionarsi dalle ditte specializzate di sua fiducia; dovrà però dichiarare il valore effettivo o titolo della semente, oppure separatamente il grado di purezza ed il valore germinativo di essa. Qualora il valore reale del seme fosse di grado inferiore a quello riportato dalle tavole della Marchettano, l'Impresa sarà tenuta ad aumentare proporzionalmente le quantità di semi da impiegare per unità di superficie.

La Direzione Lavori, a suo giudizio insindacabile, potrà rifiutare partite di seme, con valore reale inferiore al 20% rispetto a quello riportato dalle tavole della Marchettano nella colonna "buona semente" e l'Impresa dovrà sostituirlle con altre che rispondano ai requisiti voluti.

Per il prelievo dei campioni di controllo, valgono le norme citate in premessa nel presente articolo.

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

La zolla dovrà presentarsi completamente rivestita dalla popolazione vegetale e non dovrà presentare soluzioni di continuità. Lo spessore della stessa dovrà essere tale da poter raccogliere la maggior parte dell'intrico di radici delle erbe che la costituiscono e poter trattenere tutta la terra vegetale e comunque non inferiore a cm 8; a tal fine non saranno ammesse zolle ricavate da prati cresciuti su terreni sabbiosi o comunque sciolti, ma dovranno derivare da prati coltivati su terreno di medio impasto o di impasto pesante, con esclusione dei terreni argillosi.

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

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

8) *Talee di salice*: le talee di salice, da infiggere nel terreno per la formazione dello scheletro delle graticciate, dovranno parimenti risultare allo stato verde e di taglio fresco, tale da garantire il ripollonamento, con diametro minimo di cm. 2.

Esse dovranno essere della specie *Salix purpurea* e *Salix viminalis* oppure delle specie e degli ibridi spontanei della zona, fra cui *Salix daphnoides*, *Salix incana*, *Salix pentandra*, *Salix fragilis*, *Salix alba*, ecc. e potranno essere anche di *Populus alba* o *Alnus glutinosa*.

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

#### **1.18. TELI DI "GEOTESSILE".**

Il telo "geotessile" avrà le seguenti caratteristiche:

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

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

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

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

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

Per la determinazione del peso e dello spessore del "geotessile" occorre effettuare le prove di laboratorio secondo le Norme C.N.R. pubblicate sul B.U. n. 110 del 23.12.1985 e sul B.U. n. 111 del 24.12.1985.

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



## **2. MOVIMENTI MATERIE**

## **2.1. GENERALITÀ E DEFINIZIONI**

Il corpo stradale è il solido altimetricamente compreso tra il piano di campagna e il piano viabile. Al di fuori dei tratti occupati da opere d'arte maggiori (ponti, viadotti e gallerie), il corpo stradale si realizza attraverso movimenti di materie con la costruzione di rilevati e l'apertura di trincee.

Il rilevato è la porzione del corpo stradale altimetricamente compresa tra il suo piano di posa (di norma complanare a quello di campagna) e quello di posa della sovrastruttura stradale.

Il corpo del rilevato è la porzione di rilevato altimetricamente compresa tra il suo piano di posa e il piano di posa del sottofondo.

Il sottofondo è lo strato di materiale (tradizionalmente terroso) costituente il fondo di uno scavo o la parte superiore di un rilevato, avente caratteristiche atte a costituire adeguato appoggio alla sovrastruttura; tale deve considerarsi il materiale sino ad una profondità alla quale le azioni indotte dai carichi mobili sono apprezzabili ed influenti sulla stabilità dell'insieme (di solito dell'ordine di 100 cm dal piano viabile).

Nei movimenti di materiali si distinguono le seguenti lavorazioni:

- lo smacchiamento generale (taglio di alberi arbusti e cespugli, estirpazioni delle radici), nonché lo scoticamento e la rimozione del terreno vegetale (o a rilevante contenuto di sostanze organiche);
- gli scavi di sbancamento per l'apertura della sede stradale in trincea, per la predisposizione dei piani di appoggio dei rilevati e per le opere di pertinenza stradali;
- gli scavi a sezione ristretta per l'impianto di opere d'arte, gli scavi subacquei, le demolizioni, gli scavi in roccia;
- la formazione dei rilevati, compreso lo strato superiore di questi su cui poggia la pavimentazione stradale (sottofondo).

Per la costruzione dei rilevati e dei sottofondi è consentito l'impiego sia di materiali naturali, sia di materiali riciclati provenienti da attività di costruzione o demolizione o di scarto di processi industriali trattati in impianto di lavorazione ai sensi del D.M. 5 febbraio 1998. I materiali riciclati possono essere miscelati tra loro e anche con terre naturali.

In presenza di esigenze tecniche particolari, l'Impresa può anche proporre l'impiego di materiali non previsti espressamente in progetto, ma sempre nel rispetto del quadro economico. In questo caso i materiali devono essere sottoposti, prima del loro impiego, ad adeguate verifiche e, se necessario, a prove di laboratorio per accertarne l'idoneità alla particolare utilizzazione prevista, secondo le specifiche indicate nei paragrafi seguenti. Gli oneri delle prove e delle verifiche sono a totale ed esclusivo carico dell'Impresa.

## **2.2. PIANIFICAZIONE DEI LAVORI**

Con riferimento alla verifica del progetto, ai sensi dell'art. 131 del DPR 554/99, ed alle lavorazioni per la formazione del corpo stradale in trincea ed in rilevato, l'Impresa deve presentare, per l'approvazione da parte della Direzione Lavori, un programma dettagliato dei movimenti di materia, indicando le fonti di approvvigionamento dei materiali, le discariche e i siti di deposito, nonché eseguire un'indagine conoscitiva sulle più idonee modalità di esecuzione dei relativi lavori basata su determinazioni sperimentali di laboratorio e su prove in vera grandezza.

Detta indagine si articola di norma come segue:

- rilievo geometrico diretto dell'andamento morfologico del terreno in corrispondenza delle sezioni di progetto e di altre eventuali sezioni intermedie integrative;
- rilievo, attraverso pozzetti stratigrafici, dello spessore di ricoprimento vegetale;
- identificazione della natura e dello stato delle terre (provenienti dalle zone di scavo e dalle cave di prestito) o dei materiali riciclati per la valutazione dell'attitudine al particolare impiego, prevedendo le prove di laboratorio di cui ai seguenti paragrafi.

Tenuto conto dei risultati dell'indagine, l'Impresa predispone i seguenti documenti da sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni:

Piano dettagliato della sperimentazione in vera grandezza (campo prove);

Piano particolareggiato delle lavorazioni di movimenti di materie.

### **2.2.1. Discariche e luoghi di deposito**

Le materie provenienti dagli scavi e non utilizzate per la costruzione dei rilevati, per i riempimenti ed i ricoprimenti devono essere portate a rifiuto nelle discariche individuate in progetto ovvero nel rispetto delle leggi e dei regolamenti locali, in aree che l'Appaltatore può proporre, in aggiunta o in variante di queste, previa autorizzazione del Direttore dei Lavori e degli Enti preposti alla tutela del territorio.

Si deve in ogni caso evitare che le materie depositate possano arrecare danni (sia nel breve che nel lungo termine) alle opere realizzate ed alle proprietà limitrofe, come pure essere causa d'instabilità dei terreni adiacenti ed ostacolo al libero deflusso delle acque.

In relazione alle cubature da conferire a discarica (ed eventualmente anche da mettere a deposito provvisorio), in siti non previsti o non esaurientemente trattati in progetto, l'Appaltatore è tenuto a produrre:

- gli studi di stabilità e d'integrazione ambientale della discarica, particolarmente per quanto riguarda l'idrologia superficiale e profonda e l'impatto paesaggistico;
- le autorizzazioni rilasciate dagli Enti competenti in materia, in accordo alle norme ed ai regolamenti vigenti, come pure quelle relative all'occupazione dei terreni, da parte dei proprietari.

In linea generale i materiali idonei provenienti dagli scavi devono essere utilizzati immediatamente, senza far ricorso a luoghi di deposito provvisori.

Nel caso in cui le materie provenienti dagli scavi dovessero essere temporaneamente accantonate, per essere utilizzate successivamente nei riempimenti di cavi, rinterrati, eccetera, esse possono essere depositate nell'ambito del cantiere o in luoghi tali da non provocare danni a persone e cose ed intralci al traffico.

I luoghi di deposito della terra vegetale da utilizzarsi per il ricoprimento delle scarpate e per la realizzazione di opere in verde, in particolare, debbono essere sistemati in modo da evitare venute e ristagni d'acqua, capaci di impedire l'ossigenazione della terra stessa. I cumuli di terra vegetale disposti con scarpate generalmente di 3/2, non devono superare l'altezza di 3,00 metri, particolarmente nel caso in cui il piano d'impiego preveda attese superiori di più di sei mesi.

Nella sistemazione dei depositi di terra vegetale, inoltre, l'Impresa ha l'obbligo:

- di utilizzare modalità operative e mezzi idonei ad evitare ogni costipamento ed assestamento della terra;
- di mantenere i depositi provvisori esenti da vegetazione indesiderata, procedendo alla falciatura delle erbe infestanti, prima della fioritura, ovvero al diserbamento, anche mediante l'impiego di diserbanti, se accettati dalla Direzione dei Lavori in relazione al loro rischio ambientale.

L'Impresa deve produrre, anche per le cave di deposito temporaneo e permanente, se necessario a modifica o integrazione del progetto, calcoli geotecnici ed elaborati di controllo e salvaguardia ambientale, in analogia a quanto sarà illustrato per le cave di prestito.

### **2.2.2. CAVE DI PRESTITO**

Le cave di prestito saranno individuate e proposte dall'Appaltatore sotto la sua responsabilità; la proposta deve essere da questo sottoposta all'approvazione del Direttore dei Lavori, provvedendo a corredare la richiesta di:

- indagini preliminari con prove di laboratorio finalizzate alla valutazione dell'attitudine all'impiego
- valutazione delle cubature estraibili;
- modalità di esercizio;
- benessere del proprietario del suolo allo sfruttamento.

### **2.2.3. Impianti di produzione di materiali riciclati**

#### **2.2.3.1. Requisiti degli impianti di produzione**

Gli impianti di produzione di inerti riciclati devono essere qualificati dalla Direzione Lavori per stabilirne l'idoneità alla fornitura del materiale, nonché la rispondenza alle prescrizioni metodologiche del processo di cui al punto 7.1.3 del D.M. 05/02/98, n.72 –Allegato1 e successive modifiche e integrazioni.

Le modalità di trattamento e di miscelazione dei residui delle attività dalle quali viene generato l'aggregato possono influire notevolmente sulla qualità del prodotto finale.

Per ottenere con maggiore certezza costanti risultati in opera, il materiale da riciclo deve mantenere elevati livelli di costanza granulometrica e di composizione. Questo risultato può essere raggiunto qualora gli impianti di produzione di inerti riciclati siano organizzati in modo tale da:

- a) consentire il controllo della qualità dei materiali in arrivo, per una verifica delle caratteristiche e dell'idoneità all'utilizzo;
- b) essere dotati di zone debitamente attrezzate e delimitate per lo stoccaggio provvisorio del materiale, eventualmente suddiviso per tipologie (calcestruzzi, macerie, conglomerati bituminosi, sfridi, scarti industriali, ecc.);
- c) consentire l'alimentazione dell'impianto di trattamento mediante mezzo meccanico (per esempio una pala gommata), evitando che lo stesso venga alimentato direttamente dagli autocarri in arrivo;
- d) consentire, in uscita dalla tramoggia di alimentazione, il controllo qualitativo dei materiali con eventuale esclusione dal ciclo produttivo del materiale non idoneo e/o pericoloso ed invio, tramite un by-pass, ad uno stoccaggio separato;

- e) consentire una prima vagliatura, mediante vibrovaglio, per l'eliminazione della frazione fine, e il convogliamento del materiale nella camera di frantumazione del mulino, in modo da avere la riduzione granulometrica dei detriti ed il perfetto distacco delle armature di acciaio dal calcestruzzo;
- f) consentire l'individuazione di sostanze pericolose e/o nocive;
- g) essere dotato di un deferrizzatore primario per l'eliminazione degli elementi ferrosi e di un secondo deferrizzatore, posto più vicino al nastro, in grado di eliminare anche le parti metalliche minute eventualmente sfuggite al primo deferrizzatore;
- h) consentire la separazione automatica, anche in più stadi, delle frazioni di materiale non idoneo (carta, residui di legno, frazioni leggere, ecc.) che devono essere convogliate in appositi contenitori;
- i) essere dotato di un vibrovaglio, per la selezione delle diverse frazioni granulometriche. Per garantire la costanza della qualità del prodotto, a prescindere dalle tipologie in alimentazione, gli impianti devono essere strutturati in modo tale da consentire la compensazione di carenze o eccedenze di frazioni granulometriche (dovute al tipo di materiale immesso nel ciclo); ciò, mediante la predisposizione di adeguate stazioni di vagliatura, in modo tale che, sul nastro trasportatore che alimenta lo stoccaggio finale del prodotto, sia presente l'intero assortimento granulometrico richiesto.

### **Impianti a prodotto costante**

Impianti nei quali sono rispettati tutti i requisiti di cui ai precedenti punti da a) ad i) e nei quali sia mantenuto un controllo efficace sulla produzione al fine di garantirne un elevato livello di costanza granulometrica e di composizione degli inerti prodotti (vedasi anche al successivo § 2.2.3.3.).

#### **2.2.3.2. Formazione, stoccaggio e caratterizzazione dei lotti**

In relazione alla variabilità della provenienza dei materiali in arrivo all'impianto, dalla quale può conseguire una disuniformità del comportamento in opera, gli aggregati riciclati possono essere impiegati unicamente se facenti parte di lotti previamente caratterizzati. I risultati delle prove di laboratorio su campioni, da prelevare secondo le modalità di seguito indicate, sono da ritenersi rappresentativi del solo lotto sul quale è stato effettuato il campionamento.

I singoli lotti di prodotto devono essere stoccati su un piano di posa stabile, pulito, regolare e ben drenato, in modo che risultino ben separati e distinguibili gli uni dagli altri. I lotti hanno di norma dimensioni variabili da 500 a 3000 m<sup>3</sup>.

L'accumulo del materiale può avvenire, per ciascun lotto:

- \*0 in cumuli di forma conica o piramidale, costituiti per caduta dall'alto del materiale, senza particolari accorgimenti destinati ad evitare la segregazione granulometrica o a favorire la miscelazione degli apporti;
- \*1 in cumuli piatti ed estesi, a superficie superiore piana ed orizzontale e di altezza massima di 3 m; in tal caso possono essere sovrapposte partite diverse, purché la base di appoggio della partita sovrastante sia interamente interna, con adeguato margine, alla superficie superiore della partita sottostante. Questo tipo di accumulo di materiale è da preferire perché contribuisce a prevenire i fenomeni di segregazione che si verificano nei cumuli conici o piramidali;
- \*2 con accorgimenti e modalità distributive che consentano di garantire elevati livelli di omogeneità granulometrica e di composizione;
- \*3 in volumi predisposti per un sistema di asportazione automaticamente omogeneizzante.

Eccezionalmente, un lotto può essere costituito dal solo contenuto del singolo veicolo impiegato per il trasporto.

#### **2.2.3.3. Campionamento ai fini della caratterizzazione del prodotto**

Il campionamento deve essere eseguito a cura del Personale del Laboratorio specializzato che effettua le prove sul materiale e che redige il relativo Certificato di prova.

Durante l'esecuzione delle campionature devono essere annotate e riportate in apposito Verbale di prelevamento tutte le notizie che possono concorrere a fornire utili indicazioni sulla rappresentatività dei campioni prelevati, sulla loro ubicazione e sulle condizioni dei cumuli.

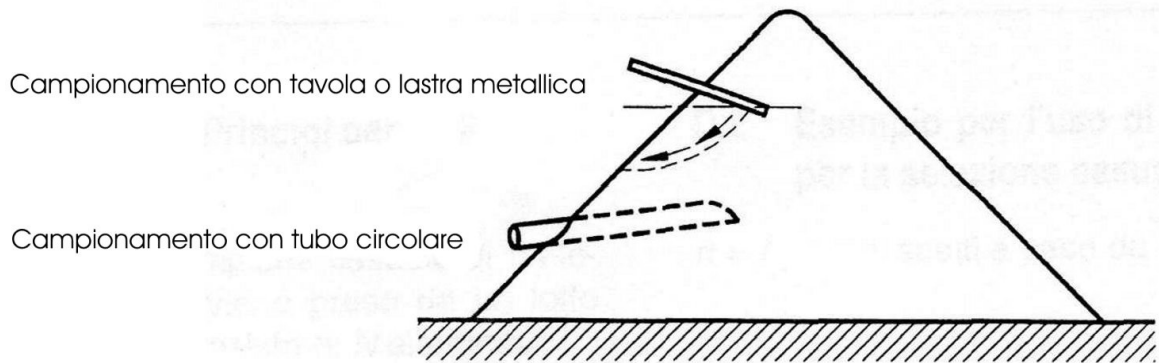
Ciascun campione deve essere tenuto separato dagli altri, chiuso in un contenitore contraddistinto da etichetta chiara ed inalterabile, e poi trasportato adottando precauzioni idonee ad evitare l'alterazione delle caratteristiche del materiale, la variazione della granulometria, la segregazione e la perdita di materiale fine.

#### **Campionamento da cumuli conici o piramidali**

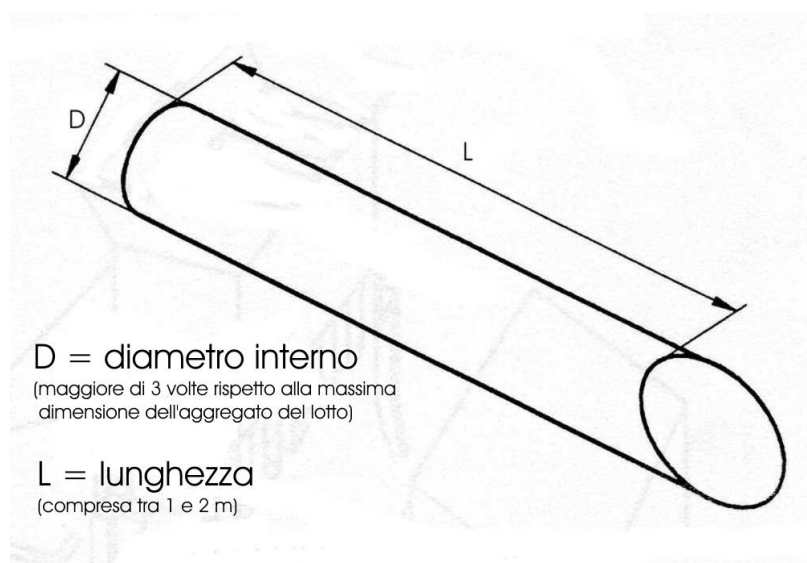
Quando il materiale sia disposto in cumuli costituiti per caduta dall'alto senza particolari accorgimenti, il prelievo dei campioni deve essere eseguito come segue:

se il materiale si presenta sufficientemente uniforme, con riguardo al colore, alla distribuzione granulometrica, alla composizione o ad altre caratteristiche di immediata evidenza, si preleveranno almeno cinque campioni, ciascuno di massa minima di 50 kg, da parti diverse e a differente quota del cumulo, adottando le accortezze previste dalla Norma UNI EN 932-1 Appendice C (v. Figura 2 .1. e Figura 2 .2.), avendo cura di ottenere la migliore rappresentatività possibile per i differenti tempi di costituzione del cumulo;

- \*4 se nello stesso cumulo il materiale presenta evidenti sensibili disuniformità, sia di colore, sia di granulometria, sia per altri caratteri di immediata evidenza, si devono prelevare distinti campioni in corrispondenza delle notate disuniformità, in numero almeno pari alle zone di diverse caratteristiche e, comunque, non inferiori a sei.



**Figura 2.1 Campionatura da cumuli conici**



**Figura 2.2 – Tubo di campionamento**

#### Campionamento da cumuli piatti ed estesi

Come già indicato (v. § 2.2.3.2) l'accumulo in strati orizzontali è da preferire in quanto contribuisce a prevenire i fenomeni di segregazione che si verificano nei cumuli conici o piramidali. Il cumulo piatto ed esteso, costituente un singolo lotto, deve avere altezza massima di 3.00 m.

Individuato approssimativamente il baricentro della superficie superiore del lotto da saggiare, si eseguono i prelievi, in numero non inferiore a quello indicato nella Tabella 2 -1, in punti opportunamente prescelti su una spirale avente origine nel baricentro (come esemplificato nella Figura 2 .3), in modo da evidenziare eventuali disuniformità.

Ciascun campione, del peso minimo di 50 kg, deve essere rappresentativo del materiale presente in tutto lo spessore del cumulo piatto, per altezze del cumulo non superiori a 3 metri. Qualora il cumulo abbia altezze superiori a 3 metri, in ognuno dei punti di prelievo va prelevato un campione ogni 3 metri o frazione.

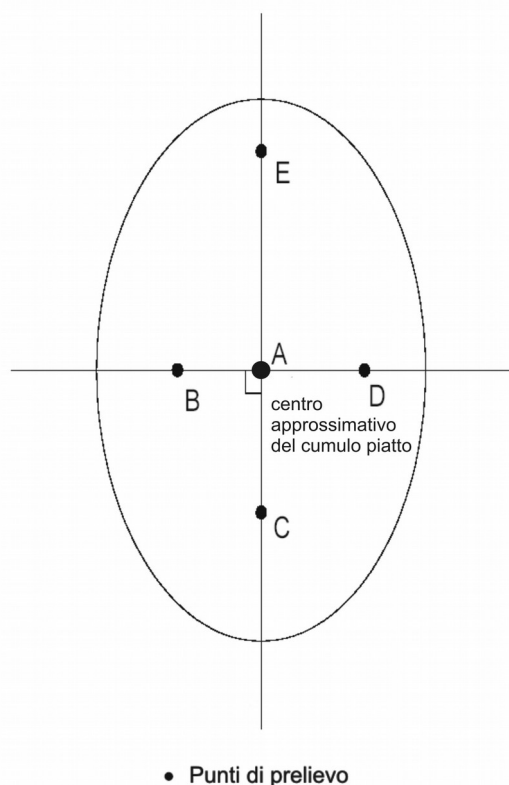
Campionamento da lotti omogeneizzati in fase di formazione

Se i lotti vengono disposti in cumuli piatti ed estesi ed omogeneizzati in modo automatico durante la loro formazione, il campionamento può essere effettuato progressivamente e contestualmente alla formazione, purché si adottino sistemi automatici atti a garantire la rappresentatività e la non alterabilità del prelievo. In tale caso il campione globale deve essere suddiviso in parti corrispondenti ad afflussi relativi al massimo a 3 metri di cumulo; ciascuna parte va poi ridotta tramite quartatura al peso minimo di circa 50 kg del campione da sottoporre a prova.

In alternativa possono essere eseguiti prelievi dopo aver terminato la formazione del cumulo, secondo la procedura più idonea tra quelle indicate nei precedenti paragrafi.

**Tabella 2-1 - Campionatura da cumuli piatti**

|  |       |            |             |
|--|-------|------------|-------------|
| Volume del cumulo piatto (m <sup>3</sup> ) | < 500 | 500 ÷ 1000 | 1000 ÷ 3000 |
| Numero minimo di campioni                  | 3     | 4          | 5           |



| r/R <sub>max</sub> | Numero di prelievi |   |   |
|--------------------|--------------------|---|---|
|                    | 3                  | 4 | 5 |
| A 0                | X                  | X | X |
| AB 0,55            |                    | X | X |
| AC 0,85            |                    | X | X |
| AD 0,72            | X                  |   | X |
| AE 0,96            | X                  | X | X |

**Figura 2.3 -Campionatura da cumuli piatti**

Campionamento dai veicoli impiegati per il trasporto

Qualora si renda necessario eseguire il prelievo dei campioni dai veicoli impiegati per il trasporto del materiale, si procede, per ciascun veicolo, secondo la procedura e con le cautele indicate dalla Norma UNI EN 932-1. I singoli campioni, del peso minimo di circa 50 kg devono essere tenuti separati e sottoposti alle prove separatamente.

Riduzione del numero dei prelievi da impianti a prodotto costante

Per un impianto che rispetti tutti i requisiti riportati nel precedente §2.2.3.1, ed in particolare qualora consenta di compensare carenze o eccedenze di frazioni granulometriche, dovute al materiale immesso nel ciclo, mediante la presenza di adeguate stazioni di vagliatura, in modo tale che, sul nastro trasportatore che alimenta lo stoccaggio finale del prodotto, sia presente un assortimento granulometrico costante, è consentita la riduzione del numero dei prelievi ai fini della caratterizzazione della sua produzione.

Dopo aver provveduto alla qualificazione dell'impianto di produzione di inerti riciclati, ai fini del mantenimento degli standard qualitativi dell'impianto stesso, debbono essere effettuati controlli dell'impianto ogni 20000 m<sup>3</sup> di materiale lavorato e, comunque, almeno una volta ogni 6 mesi, da parte di un Laboratorio specializzato.

Il numero di prelievi e di prove potrà essere dimezzato se per un anno di osservazioni e per un volume sottoposto a test di almeno 3000 m<sup>3</sup> al mese per ciascuna delle dichiarate tipologie di impiego, i risultati delle prove di caratterizzazione hanno evidenziato una costanza di risultati conformi alle specifiche.

Qualora l'impianto sia anche dotato di Laboratorio prove interno, i campioni, sempre dopo un anno di positiva e documentata sperimentazione, possono essere preparati in doppia serie a cura del Laboratorio specializzato esterno. La prima serie sarà sottoposta a prove dal Laboratorio interno; della seconda serie il Laboratorio specializzato esterno sottoporrà a prove un campione ogni 10 o frazione.

Tutti i risultati di ciascuna serie di prove eseguite nel Laboratorio interno, completi del Verbale di esecuzione del prelievo, possono essere approvati se, prescelto a caso un campione su 10, i risultati dei due Laboratori non differiscono di più della ripetibilità della singola prova <sup>1</sup>, definita ufficialmente o, in mancanza, determinata nel corso della sperimentazione. In caso di positivo riscontro delle prove nel Laboratorio interno, le medesime avranno piena vigenza per tutto l'anno successivo, mantenendosi la cadenza annuale per i controlli comparativi da parte del Laboratorio esterno specializzato.

#### **2.2.3.4. Accettazione per l'impiego**

Con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori la documentazione relativa alla certificazione degli aggregati rilasciata da un Ente terzo indipendente (Marcatura CE).

In mancanza della certificazione, l'Impresa dovrà provvedere alla qualificazione dei lotti che intende impiegare, e presentare la relativa documentazione completa delle certificazioni relative alle analisi effettuate, incluso la conformità ai limiti di legge previsti dal d.lgs. 152/06. I risultati devono essere riportati distintamente per ciascuna prova. Il lotto deve essere infine caratterizzato mediante i valori massimi e minimi ottenuti dalle determinazioni sui relativi campioni (ad esempio valore del coefficiente di abrasione "Los Angeles" secondo la Norma UNI EN 1097-2: 35-42).

La documentazione di qualifica del materiale dovrà essere presentata per ogni lotto che si intende impiegare.

Ogni fornitura di aggregati riciclati dovrà essere identificata dal Documento di Trasporto con cui il materiale viene consegnato in cantiere o a piè d'opera.

#### **2.2.4. Campo prove per l'impiego dei materiali**

Con la sola eccezione di lavori per i quali i volumi dei movimenti di materiali siano del tutto trascurabili (come tali individuati nel Progetto approvato) e salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori, l'Impresa è tenuta a realizzare (per ciò mettendo a disposizione della Direzione Lavori personale e mezzi adeguati) una sperimentazione in vera grandezza (campo prova), allo scopo di definire, sulla scorta dei risultati delle prove preliminari di laboratorio e con l'impiego dei mezzi effettivamente disponibili, gli spessori di stesa ed il numero di passaggi dei compattatori che permettono di raggiungere le prestazioni (grado di addensamento e/o portanza) prescritte.

La sperimentazione in vera grandezza deve riguardare ogni approvvigionamento omogeneo di materiale che si intende utilizzare per la costruzione del corpo stradale.

Una prova preliminare di sperimentazione in vera grandezza deve obbligatoriamente essere predisposta quando l'impiego di materiali riciclati supera complessivamente il volume di 10000 m<sup>3</sup>; il campo prova deve essere comunque predisposto, anche per volumi inferiori di inerti da riciclo, quando i materiali disponibili presentino caratteristiche fisiche e comportamentali difformi dai requisiti di seguito riportati per ogni specifico impiego, o quando in progetto siano state indicate tipologie di inerti da riciclo differenti da quelle effettivamente reperibili in zona.

L'onere economico della sperimentazione in campo prove è compreso nel prezzo d'appalto e, quindi, cade a carico dell'Impresa. Il sito della prova può essere compreso nell'area d'ingombro del corpo stradale, anche in corrispondenza di un tratto di rilevato: in questo caso dopo la sperimentazione è fatto obbligo all'Impresa di demolire le sole parti del manufatto non accettabili rispetto alle prestazioni ad esse richieste nella configurazione finale.

La sperimentazione va completata prima di avviare l'esecuzione dei rilevati, per essere di conferma e di riferimento al programma dettagliato dei movimenti di materia e alle modalità delle lavorazioni; in ogni caso, se applicata a materiali diversi deve precedere, per ciascuno di essi, l'inizio del relativo impiego nell'opera. Analogamente la sperimentazione va ripetuta in caso di variazione del parco macchine o delle modalità esecutive.

A titolo orientativo, per quanto attiene alle modalità operative che dovranno essere dettagliate nel progetto presentato dall'Impresa per l'approvazione alla Direzione Lavori, si segnala che:

---

<sup>1</sup> La ripetibilità di una prova è lo scarto ammissibile tra i risultati ottenuti da uno stesso operatore.

l'area prescelta per la prova in vera grandezza deve essere perfettamente livellata, compattata e tale da presentare caratteristiche di deformabilità analoghe a quelle dei materiali in esame;  
la larghezza della stesa di prova deve risultare almeno pari a tre volte quella del rullo compattatore;  
i materiali vanno stesi in strati di spessore costante (o variabile qualora si voglia individuare lo spessore ottimale), provvedendo a compattarli con regolarità ed uniformità e simulando, durante tutte le fasi di lavoro, le modalità esecutive che poi saranno adottate nel corso dei lavori;  
per ciascun tipo di materiale e per ogni modalità esecutiva, occorre mettere in opera almeno 2 o 3 strati successivi; per ciascuno di essi vanno eseguite le prove di controllo dopo successive passate (ad esempio, dopo 4, 6, 8, passate).

Il campo prova deve essere controllato mediante la determinazione dei moduli di deformazione  $M_d$  e  $M_d'$  (CNR B.U. n.146/92); le misure debbono essere effettuate per ogni strato almeno in cinque punti appartenenti ad una porzione omogenea del manufatto, con interessamento in senso trasversale dell'intera piattaforma. Debbono essere, inoltre, misurati i valori della massa volumica del secco in sito (CNR B.U. n. 22/72), del contenuto d'acqua (CNR UNI 10008/63) nella porzione di materiale in vicinanza dei punti di misura del modulo di deformazione, nonché gli spessori degli strati finiti. Nel caso di impiego di inerti da riciclo, o di materiali per i quali si sospetta la presenza di componenti fragili o instabili, dovranno inoltre essere determinate le granulometrie dei campioni di materiale già costipato per un confronto con le granulometrie effettuate sugli stessi materiali prima della compattazione.

Le prove con piastra a doppio ciclo di carico (CNR B.U. n.146/92) consentiranno la determinazione del rapporto  $M_d'/M_d$  tra i moduli di deformazione rispettivamente al secondo ed al primo ciclo di carico. Il valore di tale rapporto potrà costituire un elemento di giudizio, da parte della Direzione Lavori, circa la qualità del costipamento ottenuto.

Nei cantieri di grande dimensione e in ogni caso in cui i controlli in corso d'opera vengano effettuati impiegando prove rapide e/o ad alto rendimento che consentono la determinazione del modulo elastico dinamico equivalente " $M_{ed}$ ", le indagini preliminari sui rilevati sperimentali sono finalizzate anche a stabilire le necessarie correlazioni tra i valori del grado di addensamento (CNR B.U. n.69/78 e CNR B.U. n.22/72) e/o dei moduli di deformazione  $M_d$  e  $M_d'$  (CNR B.U. n.146/92) e quelli dei moduli elastici equivalenti "E".

I risultati delle prove vanno riportati in apposito Verbale redatto dalla Direzione Lavori, che ne trae le conclusioni sull'accettazione dei materiali sperimentati, delle macchine operatrici e sulle modalità di posa in opera.

### **2.2.5. Piano particolareggiato delle lavorazioni**

In sostanziale aderenza alle previsioni di progetto, per il conseguimento delle prestazioni previste per i manufatti e per le loro singole parti, l'Impresa deve redigere un piano particolareggiato delle lavorazioni, che contenga:

- la specificazione della provenienza dei diversi materiali di cui si compone il corpo stradale nelle sue varie parti, corredata da un bilancio quantitativo che tenga conto delle presumibili variazioni volumetriche connesse alle operazioni di scavo e di costipamento;
- le risorse impiegate nelle lavorazioni programmate, (mezzi, mano d'opera, personale del laboratorio di cantiere, ecc.), la durata e la collocazione temporale dell'impegno;
- le modalità di posa in opera di ciascun materiale, da verificare nel campo prova, in ordine a:
  - spessori di stesa consentiti dai mezzi di costipamento;
  - attitudine dei mezzi d'opera e, in particolare dei compattatori, ad assicurare le prescritte prestazioni;
  - numero di passate e velocità media di avanzamento dei mezzi costipanti;
  - le prevalenti condizioni di umidità naturale dei materiali impiegati all'atto della posa in opera, in relazione alle quali sono dettagliati nel piano gli eventuali procedimenti di umidificazione, deumidificazione, correzione e/o stabilizzazione;
  - le modalità esecutive delle operazioni propedeutiche e collaterali alla posa in opera: umidificazione, deumidificazione, sminuzzamento, mescolamento, correzione, stabilizzazione, spargimento;
  - la programmazione e la progettazione delle opere di supporto all'esecuzione delle lavorazioni: piste provvisorie, raccordi alla viabilità di accesso al cantiere di lavoro, piazzali di deposito provvisorio;
  - eventuali integrazioni o modifiche del progetto per apertura, coltivazione e recupero ambientale delle cave di prelievo e dei siti di deposito, opere di sostegno provvisorio degli scavi, di drenaggio e di difesa dalle acque;
  - le modalità di recupero ambientale, di ricopertura di realizzazione di opere in verde a protezione dei pendii dalle erosioni superficiali.

Ogni proposta di variazione del piano particolareggiato dei lavori che si rendesse utile o necessaria in corso d'opera deve essere motivatamente presentata al Direttore dei Lavori e da questi tempestivamente esaminata.



La suddetta programmazione è anche condizione indispensabile per la gestione del cantiere in regime di controllo di qualità della prestazione, ai sensi delle Norme UNI EN ISO serie 9000.

### 2.3. QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI

#### 2.3.1. Materiali sciolti naturali

**Tabella 2-2** Classificazione dei materiali sciolti naturali

| Classificazione Generale  | Terre ghiaio-sabbiose<br>Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 $\leq$ 35% |           |           |           |           |           | Terre limo-argillose<br>Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 $>$ 35% |           |           |           |           |        | Torbe e terre organiche palustri |    |
|---|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|----------------------------------|----|
|   | A1  |           | A3        | A2        |           |           |   | A4        | A5        | A6        | A7        |        |                                  | A8 |
| Gruppo  | A 1-a   | A 1-b     |           | A 2-4     | A 2-5     | A 2-6     | A 2-7   |           |           |           |           | A 7-5  | A 7-6                            | -  |
| Analisi granulometrica frazione passante allo staccio:            |   |           |           |           |           |           |   |           |           |           |           |        |                                  |    |
| 2 UNI 2332 %  | $\leq$ 50   | -         | -         | -         | -         | -         | -   | -         | -         | -         | -         | -      | -                                | -  |
| 0,4 UNI 2332 %  | $\leq$ 30   | $\leq$ 50 | $>$ 50    | -         | -         | -         | -   | -         | -         | -         | -         | -      | -                                | -  |
| 0,075 UNI 2332 %  | $\leq$ 15   | $\leq$ 25 | $\leq$ 10 | $\leq$ 35 | $\leq$ 35 | $\leq$ 35 | $\leq$ 35   | $>$ 35    | $>$ 35    | $>$ 35    | $>$ 35    | $>$ 35 | $>$ 35                           | -  |
| Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332 |   |           |           |           |           |           |   |           |           |           |           |        |                                  |    |
| Limite liquido  | -   | -         | -         | $\leq$ 40 | $>$ 40    | $\leq$ 40 | $>$ 40  | $\leq$ 40 | $>$ 40    | $\leq$ 40 | $>$ 40    | $>$ 40 | $>$ 40                           | -  |
| Indice di plasticità  | $\leq$ 6  | $\leq$ 6  | N.P.      | $\leq$ 10 | $\leq$ 10 | $>$ 10    | $>$ 10  | $\leq$ 10 | $\leq$ 10 | $>$ 10    | $>$ 10    | $>$ 10 | $>$ 10                           | -  |
| Indice di gruppo  | 0   |           | 0         | 0         |           | $\leq$ 4  |   | $\leq$ 8  | $\leq$ 12 | $\leq$ 16 | $\leq$ 20 |        | -                                |    |

Tali materiali possono derivare sia dalla scomposizione di formazioni naturali di terreni o di rocce lapidee in quelle zone in cui il progetto prevede lo sviluppo del solido stradale in trincea, sia dall'estrazione da cave di prestito. Si possono utilizzare per la costruzione di corpi stradali in rilevato, per riempimenti, bonifiche ecc. Qualora risultassero quantitativamente eccedenti rispetto alle necessità o qualitativamente non affidabili, potranno essere destinati al deposito in apposite discariche. I materiali sciolti naturali sono qualificati e classificati secondo quanto riportato nella norma CNR-UNI 10006:2002 "Costruzione e manutenzione delle strade - Tecnica di impiego delle terre"<sup>2</sup>, sintetizzata nella Tabella 2 -2

L'Impresa, per ogni zona di provenienza, è tenuta a qualificare le terre da impiegare attraverso una campagna di indagine corredata dai risultati di prove di laboratorio: tale indagine dovrà essere eseguita prima d'impiegare tali materiali.

#### 2.3.2. Materiali riciclati

##### 2.3.2.1. Categorie di aggregati riciclati

I materiali riciclati sono classificati, secondo quanto riportato nella Norma UNI EN 13285/04, nelle seguenti categorie:

##### Calcestruzzi riciclati

Aggregati costituiti prevalentemente da frammenti di conglomerati cementizi, anche armati, provenienti da demolizioni di opere in cemento armato, dagli scarti dell'industria di prefabbricazione di manufatti anche armati, da traversine ferroviarie e altri manufatti in c.a., aventi la seguente composizione:

<sup>2</sup> Al momento della redazione del presente capitolato speciale d'appalto la norma ISO 14688-2, che dovrebbe sostituire la UNI 10006/2002 per la parte relativa ai materiali naturali, non è ancora stata recepita dalla UNI e, pertanto, per questi materiali, ci si riferisce ancora alla UNI 10006/2002.

| Componenti   |   | Percentuale in massa |
|--------------|---|----------------------|
| Principale   | Calcestruzzo frantumato (massa volumica >2,1 Mg/m <sup>3</sup> ) e materiali litici frantumati (con esclusione di aggregati argillo-scistosi e gessosi) | ≥ 90                 |
| Altri        | Scarti edilizi frantumati di murature, rivestimenti e allettamenti (massa volumica >1,6 Mg/m <sup>3</sup> )   | ≤ 10                 |
|              | Conglomerati bituminosi frantumati  | ≤ 5                  |
| Contaminanti | Materiali terrosi coesivi   | ≤ 1                  |
|              | Materiali organici  | ≤ 0,1                |

### **Murature riciclate**

Aggregati costituiti prevalentemente da elementi in laterizio (mattoni, piastrelle e laterizi in genere) derivanti da demolizioni edilizie di manufatti in muratura, aventi la seguente composizione:

| Componenti          |   | Percentuale in massa |
|---------------------|---|----------------------|
| <i>Principale</i>   | Scarti edilizi frantumati di murature, rivestimenti e allettamenti (massa volumica >1,6 Mg/m <sup>3</sup> ), calcestruzzo frantumato e materiali litici frantumati (con esclusione di aggregati argillo-scistosi e gessosi) | ≥ 80                 |
| <i>Altri</i>        | Materiali granulari con massa volumica <1,6 Mg/m <sup>3</sup>   | ≤ 20                 |
|                     | Conglomerati bituminosi frantumati  | ≤ 5                  |
| <i>Contaminanti</i> | Materiali non lapidei e argilla   | ≤ 1                  |
|                     | Materiali organici  | ≤ 0,1                |

### **Macerie**

Aggregati costituiti prevalentemente da miscele dei componenti principali che caratterizzano le categorie di aggregati "calcestruzzi riciclati" e "murature riciclate", aventi la seguente composizione:

| Componenti          |   | Percentuale in massa |
|---------------------|---|----------------------|
| <i>Principali</i>   | Calcestruzzo frantumato (massa volumica >2,1 Mg/m <sup>3</sup> ) e materiali litici frantumati (con esclusione di aggregati argillo-scistosi e gessosi) | ≥ 50                 |
|                     | Scarti edilizi frantumati di murature, rivestimenti e allettamenti (massa volumica >1,6 Mg/m <sup>3</sup> )   | ≤ 50                 |
| <i>Altri</i>        | Materiali granulari con massa volumica <1,6 Mg/m <sup>3</sup>   | ≤ 10                 |
|                     | Conglomerati bituminosi frantumati  | ≤ 5                  |
| <i>Contaminanti</i> | Materiali non lapidei e argilla   | ≤ 1                  |
|                     | Materiali organici  | ≤ 0,1                |

### **Materiali da demolizioni stradali**

Aggregati costituiti prevalentemente da materiali derivanti dalla demolizioni di sottofondi e sovrastrutture stradali, aventi la seguente composizione:

| Componenti          |  | Percentuale in massa |
|---------------------|--|----------------------|
| <i>Principali</i>   | Materiali per pavimentazioni stradali, incluso calcestruzzo frantumato, aggregati non legati e aggregati legati con leganti idraulici frantumati | ≥ 90                 |
|                     | Conglomerati bituminosi frantumati   | ≤ 30                 |
| <i>Contaminanti</i> | Materiali non lapidei e argilla  | ≤ 1                  |

|  |                    |       |
|--|--------------------|-------|
|  | Materiali organici | ≤ 0,1 |
|--|--------------------|-------|

### **Genere residua di inceneritore**

Aggregati costituiti prevalentemente materiale granulare a componenti minerali, aventi la seguente composizione:

| Componenti          |  | Percentuale in massa |
|---------------------|--|----------------------|
| <i>Principale</i>   | Materiale granulare con base minerale, inclusi vetro, ceramica, scorie d'altoforno, ecc. | ≥ 90                 |
| <i>Altri</i>        | Ferro e altri metalli  | ≤ 5                  |
| <i>Contaminanti</i> | Materiale non incenerito   | ≤ 6                  |
|                     | Materiali organici   | ≤ 5                  |
|                     | Cenere volante di inceneritore   | Assente              |

L'intrinseca variabilità di provenienza dei materiali che compongono gli aggregati riciclati impone di caratterizzarli qualificandoli per lotti omogenei, allo scopo di evitare disuniformità di comportamento dopo la messa in opera (§2.2.3.2).

#### **2.3.2.2. Composizione delle miscele**

La composizione delle miscele contenenti aggregati riciclati deve essere determinata mediante separazione visiva, utilizzando le modalità sperimentali riportate in Appendice A della Norma UNI EN 13285 e deve essere conforme, per ciascuna delle categorie di cui sopra, alla relativa composizione.

I materiali C&D da utilizzare nelle opere previste nel presente Capitolato potranno essere ottenuti impiegando o materiali appartenenti ad una sola delle categorie di cui sopra oppure miscelando in opportune proporzioni materiali appartenenti a categorie diverse con eventuali integrazioni di materiale naturale, nel rispetto dei limiti di composizione di seguito indicati per le varie categorie di lavoro.

#### **2.3.2.3. - Requisiti chimici**

I materiali riciclati debbono appartenere prevalentemente alle tipologie 7.1., 7.2., 7.11. e 7.17. del D.M. 05/02/98, n.72 e successive modifiche o integrazioni. Non sono ammessi materiali contenenti amianto e/o sostanze pericolose e nocive o con significativi contenuti di gesso. Pertanto, tali materiali debbono essere sottoposti ai test di cessione sul rifiuto come riportato in Allegato 3 del citato D.M. del 05/02/98, o a test equivalente di riconosciuta valenza europea (UNI 10802/2002).

Il contenuto totale di solfati e solfuri (Norma UNI EN 1744-1) deve essere ≤1 %. Se il materiale viene posto in opera a contatto con strutture in cemento armato, tale valore deve essere ≤0,5 %. Si possono accettare, solo sulla base di uno specifico studio di laboratorio, materiali con un contenuto di solfati e solfuri maggiore del limite suddetto purché vengano rispettati i limiti previsti dal citato D.M. del 05/02/98 e successive modifiche o integrazioni.

## **2.4. ESECUZIONE DEI LAVORI**

### **2.4.1. Scavi e demolizioni per la formazione del corpo stradale ex novo**

Si esaminano in questo paragrafo le lavorazioni per lo smacchiamento generale dei siti d'impianto del corpo stradale, per lo scoticamento, per lo sbancamento e lo scavo a sezione ristretta, con o senza la presenza di falda freatica, per la demolizione di opere murarie e la scomposizione di strati rocciosi.

Gli scavi occorrenti per la formazione del corpo stradale (compresi quelli per la sistemazione del piano di posa dei rilevati e per far luogo alla pavimentazione ed alla bonifica del sottofondo stradale in trincea), nonché quelli per la formazione di cunette, fossati, passaggi, rampe e simili, sono eseguiti secondo le forme e le dimensioni riportate negli elaborati grafici di progetto ed in conformità a quanto eventualmente ordinato per iscritto dalla Direzione dei Lavori.

L'Impresa è tenuta ad adottare ogni cautela ed esattezza nel sagomare i fossi, nel configurare le scarpate ed i piani di fondazione e nel profilare i cigli della strada.

L'Appaltatore è tenuto a consegnare le trincee alle quote e secondo i piani prescritti, con scarpate ben spianate e regolari, con cigli ben tracciati e profilati; lo stesso deve procedere in modo da impedire scoscendimenti e franamenti, rimanendo obbligato, durante l'esecuzione dei lavori e fino al collaudo, alle necessarie riprese e sistemazioni delle scarpate, nonché allo spurgo dei fossi e delle cunette.

Prima dell'esecuzione delle trincee e dei rilevati, l'Impresa deve provvedere tempestivamente all'apertura di fossi anche provvisori, di eventuali canali fugatori e di quanto altro occorra per assicurare il regolare smaltimento e deflusso delle acque, nonché gli esaurimenti delle stesse, compresi gli oneri per il loro trattamento secondo le vigenti norme di legge.

Qualora, per la qualità del terreno o per qualsiasi altro motivo, fosse necessario puntellare, sbatacchiare ed armare le pareti degli scavi, l'Impresa deve provvedervi a sua cura e spese, adottando tutte le precauzioni necessarie per impedire smottamenti e franamenti; in ogni caso resta a suo carico il risarcimento per i danni, dovuti a negligenze o errori, subiti da persone e cose o dall'opera medesima.

Nel caso di franamento degli scavi è altresì a carico dell'Impresa procedere alla rimozione dei materiali ed al ripristino del profilo di scavo. Nulla è dovuto per il mancato recupero, parziale o totale, del materiale impiegato per le armature e sbatacchiature.

Nel caso che, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni geotecniche e statiche lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente per campioni la successione e la esecuzione delle opere di scavo e murarie.

Qualora negli scavi in genere si fossero superati i limiti e le dimensioni assegnati in progetto, l'Impresa deve ripristinare le previste geometrie, utilizzando materiali idonei.

#### **2.4.1.1. Smacchiamento**

Nell'ambito dei movimenti di terra l'Impresa deve procedere, preliminarmente, al taglio degli alberi, degli arbusti e dei cespugli, nonché all'estirpazione delle ceppaie e delle radici.

I prodotti dello smacchiamento, salvo diversa indicazione specificamente prevista, sono lasciati a disposizione dell'Imprenditore che ha l'obbligo e la responsabilità del loro trasporto, a qualsiasi distanza, in siti appositamente attrezzati per l'incenerimento (osservando le prescritte misure di sicurezza) ovvero in discariche abilitate alla loro ricezione.

#### **2.4.1.2. Scoticismo**

Prima di dar luogo agli scavi l'Impresa deve procedere all'asportazione della coltre di terreno vegetale ricadente nell'area di impronta del solido stradale per lo spessore previsto in progetto o, motivatamente ordinato per iscritto in diffinitiva di questo, all'atto esecutivo, dalla Direzione Lavori. Nei tratti di trincea l'asportazione della terra vegetale deve essere totale, allo scopo di evitare ogni contaminazione del materiale successivamente estratto, se questo deve essere utilizzato per la formazione dei rilevati. Parimenti, l'impresa deve prendere ogni precauzione per evitare la contaminazione con materiale inerte della terra vegetale da utilizzare per le opere a verde, procedendo, nel caso della gradonatura del piano di posa dei rilevati, per fasi successive, come indicato nell'articolo relativo a questa lavorazione.

L'Appaltatore risponde di eventuali trascuratezze nelle suddette lavorazioni che incidano sul piano di movimento di materie assentite: provvede, quindi, a sua cura e spese al deposito in discarica del materiale contaminato ed alla fornitura dei volumi idonei sostitutivi.

La terra vegetale che non venga utilizzata immediatamente deve essere trasportata in idonei luoghi di deposito provvisorio, in vista della sua riutilizzazione per il rivestimento delle scarpate, per la formazione di arginelli e per altre opere di sistemazione a verde (spartitraffico centrale e laterale, isole divisionali, ricoprimento superficiale di cave e discariche, ecc.).

I depositi provvisori di terra vegetale vanno sistemati come descritto nell'articolo 1.2.1.

Le terre ad alto contenuto organico in eccesso rispetto alle esigenze di ricopertura o contaminate, devono essere portate immediatamente a rifiuto, onde scongiurare ogni rischio di inquinamento dei materiali destinati alla formazione del corpo del rilevato.

L'asportazione della terra vegetale deve avvenire subito prima dell'esecuzione dei movimenti di terra nel tratto interessato, per evitare l'esposizione alle acque piovane dei terreni denudati, sia per i tratti in rilevato (per evitare rammollimenti e perdite di portanza dei terreni costituenti il piano di posa), sia per i tratti in trincea.

#### **2.4.1.3. Scavi di sbancamento**

Sono denominati di sbancamento gli scavi occorrenti per:

- l'apertura della sede stradale, dei piazzali e delle pertinenze in trincea secondo i disegni di progetto e le particolari prescrizioni che può dare la Direzione Lavori in sede esecutiva;
- la formazione dei cassonetti, per far luogo alla pavimentazione ed all'eventuale bonifica del sottofondo stradale in trincea;
- la bonifica del piano di posa dei rilevati, ivi compresa la formazione delle gradonature previste in progetto, nel caso di terreni con pendenza generalmente superiore al 15%;
- lo splatemento del terreno per far luogo alla formazione di piani di appoggio, platee di fondazione, vespai, orlature e sottofasce;
- la formazione di rampe incassate, cunette di piattaforma;
- gli allargamenti di trincee, anche per l'inserimento di opere di sostegno, ed i tagli delle scarpate di rilevati esistenti per l'ammorsamento di parti aggiuntive del corpo stradale;
- l'impianto delle opere d'arte (spalle di ponti, spallette di briglie, muri di sostegno, ecc.) per la parte ricadente al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno naturale o di quello degli

splateamenti precedentemente eseguiti ed aperti almeno da un lato, considerandosi come terreno naturale anche l'alveo dei torrenti o dei fiumi.

Inoltre, sono considerati scavi di sbancamento anche tutti i tagli a larga sezione agevolmente accessibili, mediante rampa, sia ai mezzi di scavo, sia a quelli di trasporto delle materie, a pieno carico.

In presenza di terreni sensibili all'acqua e ove si adottino procedimenti di estrazione a strati suborizzontali, le superfici di lavoro devono presentare sufficiente pendenza verso l'esterno (generalmente non inferiore al 6%) su tutta la loro larghezza. Ciò, fino a quando non sarà raggiunto il piano di sbancamento definitivo (piano di posa della pavimentazione o piano di imposta della sottofondazione di trincea).

Quest'ultimo deve risultare perfettamente regolare, privo di avvallamenti e ben spianato secondo le pendenze previste nei disegni e nelle sezioni trasversali di progetto. Generalmente, dette pendenze debbono risultare non inferiori al 4%, per permettere un allontanamento delle acque sufficientemente rapido.

I piani di sbancamento debbono essere rullati alla fine della giornata di lavoro o, immediatamente, in caso di minaccia di pioggia.

#### **2.4.1.4. Scavi a sezione ristretta**

Per scavi a sezione ristretta si intendono quelli chiusi da pareti, di norma verticali o subverticali, riproducenti il perimetro dell'opera, effettuati al di sotto del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno lungo il perimetro medesimo. Questo piano è fissato (da progetto o, in difformità, su motivato parere della Direzione Lavori) per l'intera area o per più parti in cui questa può essere suddivisa, in relazione all'accidentalità del terreno ed alle quote dei piani finiti di fondazione.

Qualunque sia la loro natura, detti scavi debbono essere spinti, su motivato ordine scritto della Direzione Lavori, a profondità maggiori di quanto previsto in progetto, fino al rinvenimento del terreno dalla capacità portante ritenuta idonea. L'eventuale approfondimento non fornisce all'Appaltatore motivo alcuno per eccezioni e domande di speciali compensi, avendo egli soltanto diritto al pagamento (a misura) del maggior lavoro eseguito, secondo i prezzi contrattualmente stabiliti in relazione alle varie profondità.

Il fondo degli scavi deve risultare perfettamente piano o disposto a gradoni, secondo i profili di progetto o secondo quanto ordinato dalla Direzione Lavori.

In ogni caso, devono essere presi provvedimenti per evitare ristagni d'acqua sull'impronta delle fondazioni delle opere d'arte, come pure convogliamenti ed immissioni di acque superficiali di ruscellamento all'interno degli scavi aperti.

Le pareti degli scavi, come già detto, sono di norma verticali o subverticali; l'Impresa, occorrendo, deve sostenerle con idonee armature e sbatacchiature, rimanendo responsabile per ogni danno a persone e cose che possa verificarsi per smottamenti delle pareti e franamenti dei cavi.

Ove ragioni speciali non lo vietino, gli scavi possono essere eseguiti anche con pareti a scarpa, con pendenza minore di quella prevista nei disegni di progetto; in tal caso, nulla è dovuto per i maggiori volumi di scavo e riempimento eseguiti di conseguenza.

L'Impresa deve provvedere al riempimento dei vuoti residui degli scavi di fondazione intorno alle murature ed ai getti, fino alla quota prevista, con materiale idoneo adeguatamente costipato con mezzi che non arrechino danno alle strutture realizzate.

Per gli scavi di fondazione si applicano le norme previste dal D.M. 11/3/1988 (Suppl. ordinario alla G.U. 1/6/1988 n.127) e successivi aggiornamenti.

Resta comunque inteso che, nell'esecuzione di tutti gli scavi, l'Impresa deve provvedere, di sua iniziativa ed a sua cura e spese, ad assicurare e regolamentare il deflusso delle acque scorrenti sulla superficie del terreno, allo scopo di evitare il loro riversamento negli scavi aperti.

L'Impresa deve eliminare ogni impedimento e ogni causa di rigurgito che si opponesse al regolare deflusso delle acque, ricorrendo eventualmente all'apertura di canali fuggitori.

#### **2.4.1.5. Demolizioni**

L'Impresa è tenuta a demolire murature e fabbricati ricadenti nelle aree d'impronta del solido stradale con i mezzi che ritiene più opportuni, incluso l'impiego di esplosivi nel rispetto delle Norme vigenti. Nei tratti in trincea la demolizione delle opere murarie deve essere spinta fino ad un metro al di sotto del piano di posa della pavimentazione stradale; nei tratti in rilevato fino a raso campagna o del profilo naturale del terreno.

In ogni caso, prima di procedere alla demolizione di fabbricati, l'Impresa è tenuta a darne tempestiva comunicazione alla Direzione Lavori.

I materiali provenienti dalle demolizioni sono portati a rifiuto solo se ciò è previsto in progetto, ovvero se ritenuti non idonei all'impiego da parte della Direzione Lavori. In caso di idoneità sono conferiti agli impianti di trattamento.

Nel caso che i materiali di scavo siano destinati al reimpiego, essi devono essere trasportati direttamente in opera o in aree di deposito; in questo caso devono essere custoditi opportunamente, eventualmente trattati

per correggerne la granulometria, in relazione alla destinazione prevista, successivamente ripresi e trasportati nelle zone di impiego.

#### **2.4.1.6. Reimpiego dei materiali di scavo**

Nel reimpiego dei materiali provenienti dagli scavi l'Impresa è obbligata a rispettare le destinazioni particolari per essi previste dal progetto ed approvate dalla Direzione Lavori, come piano dettagliato delle lavorazioni.

L'Appaltatore deve eseguire le operazioni di scavo, trasporto e posa in opera con mezzi adeguati e con sufficiente manodopera, coordinando la successione delle fasi e l'esecuzione delle varie categorie di lavoro. Lo stesso rimane libero di adottare macchine ed impianti ritenuti di sua convenienza, purché rispondenti allo scopo e non pregiudizievoli per la buona riuscita dei lavori.

### **2.4.2. Demolizione delle sovrastrutture esistenti**

#### **2.4.2.1. Demolizione totale o parziale di strati in conglomerato bituminoso realizzata con frese**

La demolizione della parte della sovrastruttura esistente 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 di materiale fresato; potranno essere impiegate fresatrici a sistema misto (con preriscaldamento leggero), purché non compromettano il legante esistente nella pavimentazione da demolire e non producano emissioni inquinanti.

Tutte le attrezzature devono essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla Committente; devono inoltre avere caratteristiche tali che il materiale risultante dall'azione di fresatura risulti (secondo un insindacabile giudizio della D.L.) idoneo per il riutilizzo. La superficie dello strato restante in opera dopo la fresatura (nel caso di demolizioni parziali del pacchetto) deve risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati, polveri o altri materiali, che possono compromettere l'aderenza dei nuovi strati da porre in opera.

L'Impresa si deve scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione definiti in progetto o dalla D.L.. Qualora questi dovessero risultare inadeguati a contingenti situazioni in essere e comunque diversi per difetto o per eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'Impresa è tenuta a darne immediata comunicazione al Direttore dei Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di fresatura; senza questo parere le fresature verranno compensate con i centimetri di spessore indicati in progetto o negli ordinativi di lavoro; in ogni caso 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 più quella della parte centrale dello strato fresato.

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o subcorticali deve essere eseguita con attrezzature approvate dalla D.L. munite di spazzole e dispositivi aspiranti, in grado di dare un piano perfettamente pulito e depolverizzato.

Se la demolizione dello strato legato a bitume interessa uno spessore inferiore ai 15 cm, potrà essere fatta con un solo passaggio di fresa, mentre per spessori superiori a 15 cm si devono fare 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 essere perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e prive di sgretolature.

Prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, la superficie risultante dalla fresatura e le pareti del cavo devono essere perfettamente pulite, asciutte e uniformemente rivestite dalla mano d'attacco di legante bituminoso prevista in progetto o indicata dalla D.L..

#### **2.4.2.2. Demolizione dell'intera sovrastruttura realizzata con sistemi tradizionali**

La demolizione dell'intera sovrastruttura legata a bitume può anche essere eseguita con impiego d'attrezzature tradizionali quali escavatori, pale meccaniche, martelli demolitori ecc. a discrezione della D.L. ed a suo insindacabile giudizio. Le pareti laterali 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'Impresa. L'Impresa è inoltre tenuta a regolarizzare e compattare il piano di posa della pavimentazione demolita se su di esso vanno ricostruiti strati legati.

#### **2.4.2.3. Reimpiego dei conglomerati bituminosi riciclati**

I conglomerati bituminosi riciclati dalle pavimentazioni, per brevità chiamati nel seguito "fresati" sono materiali provenienti da fresature dirette, a freddo o a caldo, o da demolizioni a blocchi di pavimentazioni preesistenti, sottoposte a successiva frantumazione. Essi possono essere utilizzati o nei conglomerati bituminosi, con o senza altri materiali vergini oppure per la costruzione di rilevati seguendo le specifiche del caso riportate per i

materiali riciclati. L'Impresa è obbligata a rispettare le destinazioni per essi previste dal progetto ed approvate dalla Direzione Lavori.

Se il fresato non è utilizzato in cantiere per il confezionamento in sito di conglomerati bituminosi, esso deve essere "messo in riserva" e il suo impiego definitivo deve rispondere a quanto prescritto dalle norme vigenti in materia ambientale.

### **2.4.3. Piano di posa dei rilevati**

#### **2.4.3.1. Preparazione del terreno di sedime**

L'Impresa deve procedere alla rimozione ed all'asportazione della terra vegetale immediatamente prima della costruzione del rilevato, facendo in modo che il piano di imposta risulti quanto più regolare possibile, privo di avvallamenti e, in ogni caso, tale da evitare il ristagno di acque piovane. Durante i lavori di scoticamento si deve evitare che i mezzi possano rimaneggiare i terreni di impianto.

Qualora i rilevati debbano poggiare su declivi con pendenza superiore al 15% circa, anche in difformità del progetto, il piano particolareggiato delle lavorazioni prevederà che, una volta ultimata l'asportazione del terreno vegetale e fatte salve altre più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si debba procedere alla sistemazione a gradoni del piano di posa dei rilevati con superfici di appoggio eventualmente in leggera pendenza. Per garantire la continuità spaziale delle gradonature si deve curare che le alzate verticali si corrispondano e che mantengano costante la loro distanza dall'asse stradale. Inoltre, esse devono risultare di larghezza contenuta, compatibilmente con le esigenze di cantiere e le dimensioni delle macchine utilizzate per lo scavo.

Là dove siano presenti allargamenti di rilevati esistenti il terreno costituente il corpo del rilevato, sul quale verrà steso il nuovo materiale, deve essere ritagliato a gradoni orizzontali, avendo cura di procedere per fasi, in maniera tale da far seguire ad ogni gradone (di alzata non superiore a 50 cm) la stesa ed il costipamento del corrispondente strato di ampliamento di pari altezza.

Prima di eseguire l'operazione di gradonatura si deve rimuovere lo strato di terreno vegetale; inoltre tale operazione deve essere effettuata immediatamente prima della costruzione del rilevato, al fine di evitare l'esposizione alle acque piovane dei terreni denudati.

La Direzione dei lavori, previa ispezione e controllo, potrà approvare la regolarità del piano di posa dei rilevati, oppure, nell'ambito della discrezionalità consentita, potrà richiedere l'approfondimento degli scavi di sbancamento per bonificare eventuali strati di materiali torbosi o coesivi (di portanza insufficiente o suscettibili di futuri cedimenti), o anche per asportare strati di terreno rimaneggiati o rammolliti per inadeguata organizzazione dei lavori e negligenza da parte dell'Impresa.

#### **2.4.3.2. Terreni cedevoli**

Qualora siano prevedibili cedimenti dei piani di posa dei rilevati superiori a 15 cm, l'Impresa deve prevedere nel piano dettagliato un programma per il loro controllo ed il monitoraggio della loro evoluzione nel tempo. La posa in opera delle apparecchiature necessarie (piastre assestometriche) e le misurazioni dei cedimenti sono eseguite a cura dell'Impresa, secondo le indicazioni della Direzione dei lavori.

La costruzione del rilevato deve essere programmata in maniera tale che il cedimento residuo ancora da scontare, al termine della sua costruzione, risulti inferiore al 10% del cedimento totale stimato e comunque minore di 5 cm.

L'Impresa è tenuta a reintegrare i maggiori volumi di rilevato per il raggiungimento delle quote di progetto, ad avvenuto esaurimento dei cedimenti, senza per ciò chiedere compensi aggiuntivi.

#### **2.4.3.3. Requisiti di portanza**

Se non sono presenti diverse e più restrittive prescrizioni, motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione  $M_d$ , determinato sul piano di posa del rilevato (naturale o bonificato), secondo la norma CNR 146/92, al primo ciclo di carico, nell'intervallo compreso tra  $0,05 \div 0,15 \text{ N/mm}^2$ , deve risultare non inferiore a:

15  $\text{N/mm}^2$  (valore minimo per consentire il corretto costipamento degli strati soprastanti), quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della fondazione è maggiore o uguale a 0,90 m;

25  $\text{N/mm}^2$ , quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della fondazione è compresa tra 0,60 e 0,90 m;

- per distanze inferiori a 0,60 m si applicano i requisiti richiesti ai sottofondi di cui al paragrafo 2.4.7.

Le caratteristiche di portanza del piano di posa del rilevato devono essere accertate in condizioni di umidità rappresentative delle situazioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli, di lungo termine, con la frequenza stabilita dalla Direzione Lavori in relazione all'importanza dell'opera, all'omogeneità del terreno di posa e, comunque, in misura non inferiore ad una prova ogni 5000  $\text{m}^2$  con un numero minimo di almeno tre prove. La

determinazione del modulo di deformazione per i materiali a comportamento "instabile" (collassabili, espansivi, gelivi, etc.), viene effettuata in condizioni saturate.

#### **2.4.3.4. Bonifiche**

Se la natura e lo stato dei terreni di impianto dei rilevati non consentono di raggiungere, con il solo costipamento, i valori di portanza richiesti al precedente paragrafo, può essere introdotto, nel programma dettagliato delle lavorazioni, l'approfondimento degli scavi per la sostituzione di un opportuno spessore del materiale esistente con idonei materiali di apporto. In alternativa, si può adottare un adeguato trattamento di stabilizzazione (paragrafo 2.4.6). L'opportunità di realizzare questo tipo di lavorazione sarà valutata sulla base di un'analisi geotecnica del problema, che ne dimostri la necessità. Qualora si rendesse necessaria la realizzazione di tale strato è indispensabile definire, sempre mediante una analisi geotecnica, le caratteristiche dimensionali dell'intervento (spessore ed estensione). L'idoneità dei materiali da impiegare per la realizzazione di strati di bonifica dei piani di appoggio dei rilevati sarà valutata sulla base dei requisiti richiesti ai materiali da impiegare nella formazione del corpo dei rilevati (riportati nel paragrafo 2.4.5.1) nel caso in cui gli strati di bonifica si trovino a distanza superiore a 1,10 m dal piano finito della pavimentazione. Se gli strati di bonifica si trovano a distanza inferiore ad 1,10 m dal piano finito della sovrastruttura, i materiali dovranno essere conformi a quanto previsto nel paragrafo 2.4.7.1 per i sottofondi. I requisiti di portanza sono quelli riportati nel precedente paragrafo 2.4.3.3.

#### **2.4.4. Strati anticapillari**

Si definiscono strati anticapillari quegli strati di rilevato costituiti da materiali granulari ad alta permeabilità eventualmente protetti da geotessili con funzione anticontaminante.

##### **2.4.4.1. Strati in materiale granulare**

Gli strati anticapillari in materiale granulare, con spessore generalmente compreso tra 30 e 50 cm, possono essere costituiti da terre granulari (ghiaia, ghiaietto ghiaio) o da materiali frantumati o riciclati con granulometria compresa tra 2 e 50 mm, con passante allo staccio da 2 mm non superiore al 15% in peso e, comunque, con un passante allo staccio 0,063 mm non superiore al 3%.

Nel materiale devono essere del tutto assenti componenti instabili (gelive, tenere, solubili, etc.) e resti vegetali. Salvo maggiori e più restrittive verifiche, il controllo qualitativo dello strato anticapillare va effettuato mediante analisi granulometriche da eseguirsi in ragione di almeno una prova ogni 1000 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera, con un numero minimo di tre prove. Non sono ammessi scostamenti dei valori dei passanti ai setacci rispetto a quelli previsti.

##### **2.4.4.2. Geotessili**

I geotessili sono costituiti, salvo diversa prescrizione specifica, da tessuto non tessuto, a caratteristiche il più possibile isotrope, ottenuto da fibre 100% polipropilene o poliestere o poliammide di prima qualità (con esclusione di fibre riciclate), agglomerate principalmente mediante sistema di agugliatura meccanica, con esclusione di collanti, resine, additivi chimici e/o processi di termofusione, termocalandratura e termolegatura, salvo che per processi di finitura del prodotto. Dovranno essere utilizzati esclusivamente geotessili a filo continuo, in cui il filamento ha lunghezza teoricamente illimitata; non sono ammessi geotessili a fiocco in cui la lunghezza del filamento varia da 20 a 100 mm.

Essi devono presentare superficie scabra, devono essere imputrescibili, atossici, resistenti ai raggi ultravioletti (se destinati a permanere all'aperto per più di 12 ore), ai solventi, alle reazioni chimiche che si producono nel terreno, alle cementazioni naturali, all'azione di microrganismi, nonché essere antinquinanti ed isotropi.

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

La Tabella 2 -3 riporta i requisiti minimi cui deve rispondere il materiale per le applicazioni ordinarie.

Quando al geotessile sono richieste prestazioni di elevata resistenza a trazione già a bassi allungamenti, come nelle applicazioni in cui svolge una funzione di rinforzo, sono utilizzati prodotti specifici, quali geotessili tessuti in fibre di poliestere o in poliammide, le cui caratteristiche tecniche richieste sono riportate in Qualora risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, anche da una sola delle prove di cui sopra, la partita deve essere rifiutata e l'Impresa deve allontanarla immediatamente dal cantiere.



Il campionamento deve essere eseguito, per ciascuna fornitura omogenea, secondo la UNI 8279 – 1:1985 + A1:1991.

I prelievi dei campioni sono eseguiti a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori. Le prove devono essere effettuate presso laboratori di fiducia dell'Amministrazione, preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere prima del loro impiego, successivamente su materiali prelevati durante il corso dei lavori.

**Tabella 2-3 Requisiti del geotessile per applicazioni ordinarie**

| Parametro   | Normativa    | Unità di misura  | Valore |
|---|--------------|------------------|--------|
| Peso  | EN 965       | g/m <sup>2</sup> | 250    |
| Resistenza a trazione   | EN ISO10319  | kN/m             | ≥ 13   |
| Allungamento  |              | %                | ≤ 30   |
| Punzonamento (CBR)  | EN ISO 12236 | kN               | ≥ 3    |
| Permeabilità radiale all'acqua  | EN ISO 11058 | mm/s             | ≥ 0,8  |
| Dimensione della granulometria passante per filtrazione idrodinamica, corrispondente a quella del 95% in peso degli elementi di terreno che attraversano il geotessile. | EN ISO 12956 | µm               | < 100  |

Qualora risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, anche da una sola delle prove di cui sopra, la partita deve essere rifiutata e l'Impresa deve allontanarla immediatamente dal cantiere.

Il piano di stesa del geotessile deve risultare perfettamente regolare, la giunzione dei teli deve essere realizzata mediante sovrapposizione per almeno 30 cm, sia in senso longitudinale, sia in senso trasversale.

Inoltre, i teli non devono essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

**Tabella 2-4 Requisiti del geotessile per rinforzo**

| Parametro   | Normativa    | Unità di misura  | Valore |
|---|--------------|------------------|--------|
| Peso  | EN 965       | g/m <sup>2</sup> | ≥350   |
| Resistenza a trazione longitudinale e trasversale   | EN ISO10319  | kN/m             | ≥ 50   |
| Allungamento alla tensione nominale in direzione longitudinale e trasversale  | EN ISO10319  | %                | ≤ 10   |
| Permeabilità radiale all'acqua  | EN ISO 11058 | mm/s             | ≥ 1    |
| Creep dopo 2 anni al 50% del carico di rottura  |              |                  | 1%     |
| Dimensione della granulometria passante per filtrazione idrodinamica, corrispondente a quella del 95% in peso degli elementi di terreno che attraversano il geotessile. | EN ISO 12956 | µm               | < 100  |

#### **2.4.4.3. Geocompositi**

I geocompositi sono costituiti da una geogriglia di rinforzo in materiale ad elevato modulo abbinato ad un non tessuto. La geogriglia può essere realizzata in PET o altri materiali a basso creep e quindi ideali per il rinforzo dei terreni. Le caratteristiche del non tessuto devono essere conformi ai requisiti della Tabella 2 -3. La Tabella 2 -5 riporta i requisiti minimi cui deve rispondere il geocomposito

**Tabella 2-5 Requisiti del geocomposito**

| Parametro | Normativa | Unità di misura | Valore |
|-----------|-----------|-----------------|--------|
|-----------|-----------|-----------------|--------|

|   |                  |                  |        |
|---|------------------|------------------|--------|
| Peso  | UNI EN 9864      | g/m <sup>2</sup> | ≥350   |
| Resistenza a trazione longitudinale e trasversale   | UNI EN ISO 10319 | kN/m             | ≥ 50   |
| Allungamento alla tensione nominale in direzione longitudinale e trasversale  | UNI EN ISO 10319 | %                | ≤ 10   |
| Permeabilità radiale all'acqua  | EN ISO 11058     | mm/s             | ≥ 0,10 |
| Dimensione della granulometria passante per filtrazione idrodinamica, corrispondente a quella del 95% in peso degli elementi di terreno che attraversano il geotessile. | EN ISO 12956     | μm               | < 100  |

## 2.4.5. Corpo del rilevato

### 2.4.5.1. Materiali costituenti

#### **Materiali sciolti naturali**

Per la formazione dei rilevati con materie provenienti dagli scavi devono essere utilizzati, nel piano particolareggiato delle lavorazioni di cui al punto 2.2.5, in ordine di priorità, i materiali sciolti appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3, A2-6 ed A2-7.

Con le dovute cautele specificate nel seguito, si dovrà valutare se adoperare le terre appartenenti ai gruppi A4, A5, A6, se prevederne un trattamento o se portarle a rifiuto.

Se a causa dell'umidità delle terre scavate non si riesce a conseguire il costipamento necessario a raggiungere l'addensamento e la portanza richiesti dalle presenti norme tecniche, l'Impresa è tenuta a mettere in atto i provvedimenti correttivi per modificare in senso conveniente il contenuto d'acqua naturale e/o, a seconda dei casi, a migliorarle mediante stabilizzazione. I materiali impiegati devono essere del tutto esenti da sostanze organiche, vegetali e da elementi solubili o comunque instabili nel tempo, qualunque sia il proprio gruppo di appartenenza. Le terre che presentano un contenuto di sostanza organica di origine vegetale minore del 5% possono essere utilizzate per strati di rilevato posti a più di 2 metri dal piano di posa della pavimentazione.

#### **Materiali speciali (terre armate)**

Dovranno essere impiegati solamente materiali calcarei e ghiaiosi vagliati con setacci medio-piccoli nelle dimensioni specificate dalle norme tecniche o dal Direttore dei Lavori; questi materiali dovranno comunque essere esenti da residui vegetali o sostanze organiche. Quando è previsto l'uso di armature metalliche, i materiali da impiegare dovranno avere le seguenti caratteristiche: assenza di solfuri, solfati solubili in acqua minori di 500 mg/kg, cloruri minori di 100 mg/kg, Ph compreso tra 5 e 10 e resistività elettrica superiore a 1000 ohm per cm. per opere in ambiente asciutto e superiore a 3000 ohm per cm. per opere immerse in acqua.

#### **Materiali riciclati**

Le miscele di materiali riciclati provenienti da scarti, sia prevalentemente edilizi, sia anche industriali, devono rispettare i requisiti indicati nella Tabella 2-7 nel caso di aggregati da costruzione e demolizione, ovvero nella Tabella 2-6 se si tratta di inerti provenienti prevalentemente da scarti di attività industriali. Ai fini del loro impiego l'Impresa è tenuta a predisporre, per ogni lotto di materiale, la qualificazione dello stesso tramite certificazione rilasciata da un Laboratorio specializzato.

**Tabella 2-6 – Aggregati da costruzione e demolizione per il corpo dei rilevati**

| Parametro  | Modalità di prova           | Limiti         |
|--|-----------------------------|----------------|
| Calcestruzzo, mattoni e laterizi, intonaci materiali litici, malte, ceramica | UNI EN 13285<br>Appendice A | > 70% in massa |
| Conglomerati bituminosi  | UNI EN 13285<br>Appendice A | ≤ 25% in massa |
| Vetro e scorie vetrose   | UNI EN 13285                | ≤ 15% in massa |

|  |                             |                          |
|--|-----------------------------|--------------------------|
|  | Appendice A                 |                          |
| Terre di fonderia, scorie d'altoforno, silicati, carbonati e idrati di calcio            | UNI EN 13285<br>Appendice A | ≤ 15% in massa           |
| Materiali deperibili o cavi (carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari) | UNI EN 13285<br>Appendice A | ≤ 0,3% in massa          |
| Altri materiali (metalli, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, gesso, ecc.)         | UNI EN 13285<br>Appendice A | ≤ 0,6% in massa          |
| Indice di plasticità   | CNR UNI 10014               | ≤ 6%                     |
| Passante al setaccio 63 mm   | UNI EN 933-1                | > 85% in massa           |
| Passante al setaccio 4 mm  | UNI EN 933-1                | ≤ 60% in massa           |
| Passante al setaccio 0,063 mm  | UNI EN 933-1                | ≤ 25% in massa           |
| Dimensione massima D <sub>max</sub>  | Misura diretta              | 140 mm                   |
| Trattenuto setaccio 63 mm  | Frantumazione               | Assenza di vuoti interni |

**Tabella 2-7 - Scarti industriali per il corpo dei rilevati**

| Parametro   | Modalità di prova           | Limiti         |
|---|-----------------------------|----------------|
| Terre esauste o di fonderia, scorie d'altoforno, ceneri volanti, silicati, carbonati e idrati di calcio       | UNI EN 13285<br>Appendice A | > 70% in massa |
| Sfridi di argilla espansa, frammenti di mole abrasive, conchiglie e altri materiali inerti                    | UNI EN 13285<br>Appendice A | ≤ 20% in massa |
| Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, lana di roccia, materiali deperibili o cavi, residui alimentari, gesso | UNI EN 13285<br>Appendice A | ≤ 1% in massa  |
| Indice di plasticità  | CNR UNI 10014               | ≤ 4%           |
| Passante al setaccio 63 mm  | UNI EN 933-1                | > 85% in massa |
| Passante al setaccio 4 mm   | UNI EN 933-1                | ≤ 60% in massa |
| Passante al setaccio 0,063 mm   | UNI EN 933-1                | ≤ 25% in massa |
| Dimensione massima D <sub>max</sub>   | UNI EN 933-1                | 140 mm         |

#### 2.4.5.2. Posa in opera

Il materiale deve essere steso con regolarità per strati di spessore costante, con modalità e attrezzature atte ad evitare segregazione e brusche variazioni sia granulometriche che del contenuto d'acqua.

Al fine di evitare disomogeneità dovute alla segregazione che si verifica durante lo scarico dai mezzi di trasporto, il materiale deve essere depositato subito a monte del posto d'impiego, per esservi in seguito riportato dai mezzi di stesa.

I materiali costituenti i differenti strati del rilevato devono presentare una granulometria il più omogenea possibile. Si deve evitare, in particolare, di porre in contatto strati di materiale a granulometria poco assortita o uniforme (tale, cioè, da produrre nello strato compattato elevata percentuale dei vuoti), con strati di terre a grana più fine che, durante l'esercizio, per effetto delle vibrazioni prodotte dal traffico, possono penetrare nei vuoti degli strati sottostanti, provocando cedimenti per assestamento del corpo del rilevato. In ogni caso, il materiale non deve presentare elementi di dimensioni maggiori di 140 mm; questi debbono essere, pertanto, scartati al sito o all'impianto di prelievo, prima del carico sui mezzi di trasporto.

Ciascuno strato può essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere accertato, mediante prove di controllo, l'idoneità dello strato precedente.

Lo spessore sciolto di ogni singolo strato è stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali, delle macchine e delle modalità di compattazione del rilevato, riportate nel piano particolareggiato delle lavorazioni di cui al punto 2.2.5. Le operazioni di compattazione debbono essere determinate mediante la messa a punto degli schemi di rullatura che debbono essere definiti prima dell'inizio dei lavori.

Il materiale deve essere steso in strati di ridotto spessore; salvo diverse indicazioni che possono provenire dalla sperimentazione su campo prova, lo spessore finito dello strato, costipato mediante rullatura, non dovrà essere superiore a 30 cm. Lo spessore di stesa di norma deve risultare non inferiore a due volte la dimensione massima degli elementi lapidei presenti nel materiale impiegato ( $s \geq 2D_{max}$ ).

La superficie degli strati, a compattazione avvenuta, deve avere una pendenza trasversale pari a circa il 4% e, comunque, tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche e deve essere evitata la formazione di

avvallamenti o solchi. Detta pendenza deve essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo livellatrici o macchine equivalenti.

L'utilizzo di materiali da riciclo per la realizzazione del corpo dei rilevati è consentito purché interessi tutta l'impronta del rilevato stesso. Non sono ammesse alternanze di strati di materiali da riciclo e di terre, anche se appartenenti ad uno dei gruppi A1, A2-4, A2-5, A3 della classificazione di cui alla Norma UNI 10006/2002. Il rilevato, quindi, deve essere costituito al massimo da due fasce di materiale differenti (riciclato e non) in senso verticale; in senso orizzontale, invece, deve essere comunque garantita l'omogeneità dei materiali utilizzati.

Il piano particolareggiato delle lavorazioni indicherà i siti di impiego dei materiali riciclati confinandoli preferibilmente tra opere quali tombini, attraversamenti, opere d'arte ecc., onde evitare che, al contatto con materiali di caratteristiche differenti, si formino giunti o superficie di discontinuità. Potrà altresì prevedere la parzializzazione del corpo del rilevato, destinando gli inerti da riciclo esclusivamente al nucleo centrale, ed utilizzando terre tradizionali (appartenenti ad uno dei gruppi prima citati) per le fasce laterali. In tal caso i terreni di contronucleo vanno posti in strati di spessore pari a quelli realizzati con le materie da riciclo.

#### **2.4.5.3. Compattazione**

L'Impresa è tenuta a fornire e, quindi, ad impiegare mezzi di costipamento adeguati alla natura dei materiali da mettere in opera e, in ogni caso, tali da permettere di ottenere i requisiti di massa volumica, di portanza e prestazionali richiesti per gli strati finiti, nel rispetto delle previsioni di progetto e delle disposizioni che possono essere date in corso d'opera dalla Direzione Lavori. Per il migliore rendimento energetico dei mezzi di costipamento è opportuno sceglierne la tipologia più idonea (rulli lisci statici, rulli lisci vibranti, rulli gommati, rulli a piedi costipanti) ed operare con umidità prossima a quella ottimale determinata in laboratorio mediante la prova AASHTO Mod. (CNR B.U. n.69/78). L'attitudine delle macchine di costipamento deve essere verificata, per ogni tipo di materiale che si prevede di impiegare, secondo le modalità previste nel piano particolareggiato delle lavorazioni di cui al punto 2.2.5.

Quando, in relazione all'entità ed alla plasticità della frazione fine, l'umidità supera del 15-20% il valore ottimale, l'Impresa deve mettere in atto i provvedimenti necessari a ridurla (favorendo l'evapotraspirazione) per evitare rischi di instabilità meccanica e cadute di portanza che possono generarsi negli strati a seguito di compattazione ad elevata energia di materiali a gradi di saturazione elevati (generalmente maggiori del 85-90%, secondo il tenore in fine e la plasticità del terreno). In condizioni climatiche sfavorevoli è indispensabile desistere dall'utilizzo immediato di tali materiali.

Le macchine di costipamento, la loro regolazione (velocità, peso, pressione di gonfiaggio dei pneumatici, frequenza di vibrazione, ecc.), gli spessori degli strati ed il numero di passaggi devono rispettare le condizioni stabilite nel suddetto programma. In ogni caso l'efficacia del processo ed il conseguimento degli obiettivi restano nell'esclusiva responsabilità dell'Impresa.

Se non occorre modificare il contenuto d'acqua, una volta steso il materiale, lo strato deve essere immediatamente compattato.

La compattazione deve assicurare sempre un addensamento uniforme all'interno dello strato.

Una volta realizzata l'opera, le scarpate devono essere riprofilate, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma di progetto, al fine di garantire una compattazione uniforme, anche lungo i bordi del rilevato. La stesa ed il costipamento del materiale, pertanto, deve considerare una sovrallarghezza di almeno 0,50 m, per entrambi i lati del rilevato.

I controlli di qualità degli strati finiti, effettuati mediante misure di massa volumica e di portanza, devono soddisfare i requisiti indicati nel successivo punto 1.5, salvo diverse prescrizioni motivate in sede di progetto. Durante la costruzione dei rilevati occorre disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo.

#### **2.4.5.4. Protezione**

La sistematica e tempestiva protezione delle scarpate deve essere garantita mediante la stesa di uno strato di terreno vegetale di circa 30 cm di spessore che andrà sistemato a strisce orizzontali e sarà opportunamente assestato, seguendo progressivamente la costruzione del manufatto. Per la sua necessaria ammorsatura si devono predisporre gradoni di ancoraggio, salvo il caso in cui il rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso. Il terreno vegetale deve assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso, seminato tempestivamente, con essenze (erbe ed arbusti del tipo previsto in progetto) scelte per ottenere i migliori risultati in relazione al periodo operativo ed alle condizioni locali.

Si dovrà ripetere la semina fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

L'Impresa dovrà provvedere al ripristino delle zone ammalorate a sua cura e spese, qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta. Nel caso in cui si preveda un'interruzione dei lavori di costruzione del rilevato di

più giorni, l'Impresa è tenuta ad adottare ogni provvedimento per evitare infiltrazioni di acque meteoriche nel corpo del rilevato. Per tale scopo, le superfici, ben livellate e compattate, devono risultare sufficientemente chiuse e presentare pendenza trasversale non inferiore al 4%.

Qualora nei rilevati si dovessero verificare dei cedimenti differenziali dovuti a carenze costruttive, l'Impresa è obbligata ad eseguire a sue spese i lavori di ricarica, rinnovando, ove occorra, anche la sovrastruttura stradale.

Nel caso di sospensione prolungata della costruzione, alla ripresa delle lavorazioni la parte di rilevato già eseguita deve essere ripulita dalle erbe e dalla vegetazione che vi si fosse insediata; inoltre, lo strato superiore deve essere scarificato, praticandovi dei solchi, per il collegamento dei nuovi strati. E' prudente, in questo caso, ripetere le prove di controllo dell'addensamento e della portanza.

#### **2.4.6. Stabilizzazione delle terre con calce o con calce e cemento**

Il processo di stabilizzazione consiste nel miscelare intimamente le terre argillose con calce di apporto, in quantità tale da modificarne le caratteristiche fisico-chimiche (granulometria, suscettività all'acqua, umidità) e meccaniche, così da renderle idonee per la formazione di strati che dopo il costipamento presentino adeguata resistenza meccanica e stabilità all'azione dell'acqua ed eventualmente del gelo.

##### **2.4.6.1. Caratteristiche delle terre da stabilizzare**

La stabilizzazione si esegue sulle terre che presentano le seguenti caratteristiche:

Granulometria: la terra da stabilizzare può presentare qualsiasi granulometria, a condizione che si dimostri l'idoneità del processo di stabilizzazione attraverso uno studio delle miscele in laboratorio ed eventualmente in campo prova.

Indice di plasticità: tale parametro, determinato secondo la norma CNR-UNI 10014:1964, deve risultare compreso tra 10 e 35. E' ammesso un valore minore della plasticità (ma in nessun caso inferiore a 5) a condizione che si dimostri l'idoneità del processo di stabilizzazione attraverso uno studio preliminare di laboratorio.

Contenuto di sostanze organiche: il tenore in materie organiche del terreno, determinato mediante ossidazione con bicromato di potassio (AFNOR NF 94-055), deve essere inferiore al 2% in volume. Questo limite può essere superato, fino al valore del 4% in caso di trattamento dei terreni in situ per la sistemazione del piano di posa dei rilevati, purché sia dimostrato il raggiungimento dei requisiti di resistenza richiesti.

Contenuto di solfati: il contenuto totale di sali di zolfo (solfati e solfuri), determinato secondo la norma UNI 8520 parte 11, deve essere inferiore allo 0.25%; si possono accettare, solo sulla base di uno specifico studio di laboratorio, terre con un contenuto di solfati compreso tra 0.25% e 1%, mentre in nessun caso, possono essere ritenuti idonei per la stabilizzazione con calce terre con un contenuto di solfati totali superiore all'1%.

Determinazione del consumo iniziale di calce: il consumo immediato di calce, ovvero la quantità di calce necessaria per soddisfare le reazioni immediate terra-calce in relazione alla capacità di scambio cationico dei materiali argillosi, determinato secondo la norma ASTM C977-92, deve essere maggiore del 2.5%.

Contenuto di nitrati: il contenuto di nitrati deve risultare inferiore allo 0.1%

Valore di blu di metilene (VB): per essere accettabile una terra deve presentare un valore di blu VB >200 cm<sup>3</sup>, determinato in conformità alla norma UNI EN 933-9.

Il terreno, comunque, deve presentarsi privo di humus e radici, nonché libero da corpi estranei ed elementi lapidei di grossa pezzatura.

##### **2.4.6.2. Leganti**

###### **2.4.6.2.1. Calce**

I tipi di calce da impiegare sono:

- calce aerea idrata in polvere, sfusa o in sacchi<sup>3</sup>;
- calce aerea viva macinata sfusa, o in sacchi<sup>3</sup>.

Nei casi in cui i valori di umidità siano sensibilmente più elevati di quelli ottimali per il costipamento, è preferibile utilizzare la calce viva macinata, grazie al suo effetto essiccante. Entrambi i tipi di calce devono rispondere ai requisiti di accettazione indicati nel R.D. 2231/39; essi, inoltre, devono avere le caratteristiche chimiche (UNI-EN 459-2/96) e le caratteristiche granulometriche riassunte nella Tabella 2 -8.

###### **2.4.6.2.2. Cemento**

---

<sup>3</sup> L'impiego di calce idrata e/o viva confezionata in sacchi, è tollerato solo eccezionalmente per piccoli cantieri, dove l'intervento complessivo di trattamento interessa una superficie inferiore a 2.000 m<sup>2</sup> o un volume di terra da trattare inferiore a 1000 m<sup>3</sup>.

Nel caso di stabilizzazione mista con calce e cemento possono impiegarsi cementi Portland o pozzolanici del tipo 32.5.

#### 2.4.6.2.3. Acqua

L'eventuale acqua di apporto deve risultare priva di impurità e di materie organiche.

**Tabella 2-8 – Caratteristiche chimiche e granulometriche della calce**

| Requisito   | calce viva      | calce idrata |
|---|-----------------|--------------|
| CO <sub>2</sub>   | ≤ 5%            | -            |
| Titolo in ossidi liberi (CaO + MgO)*  | ≥ 84%           | -            |
| Tenore in MgO   | ≤ 10%           | ≤ 8%         |
| Titolo in idrati totali   | -               | > 85%        |
| SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + S <sub>03</sub>  | ≤ 5%            | ≤ 5%         |
| Umidità   | -               | ≤ 2%         |
| Acqua legata chimicamente   | ≤ 2%            | -            |
| Reattività all'acqua  | > 60° entro 25' | -            |
| Passante allo staccio 2 mm  | 100%            | 100%         |
| Passante allo staccio 0.2 mm  | ≥ 90%           | -            |
| Passante allo staccio 0.075mm   | ≥ 50%           | ≥ 90%        |
| * La determinazione del titolo in ossidi liberi espresso come CaO deve essere effettuata secondo la formula $(100 - I - 2.27 \cdot CO_2 - X)$ dove: I è la percentuale di impurezze (SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + S <sub>03</sub> ), X è la percentuale di acqua legata chimicamente. |                 |              |

#### 2.4.6.3. Progetto delle miscele

Nell'ambito del piano particolareggiato delle lavorazioni, è compito dell'Impresa,:

produrre uno studio di verifica delle miscele che tenga conto delle condizioni operative di cantiere e dei leganti effettivamente adottati;

realizzare, per ogni famiglia di terreno che si intende trattare e per ciascun dosaggio una sperimentazione di campo, per verificare l'idoneità dei mezzi di spandimento, di miscelazione e di costipamento.

Una volta accettati dalla Direzione dei Lavori i mezzi e le modalità di lavorazione, i risultati acquisiti in campo prova sono utilizzati come riferimento per i controlli di esecuzione e, in particolare, per il controllo del costipamento, della portanza e del dosaggio in calce, mediante ph-metria.

Il progetto delle miscele comprende prove di carattere generale riguardanti l'identificazione dei terreni e dei leganti di apporto e prove specifiche dipendenti dall'obiettivo del trattamento per la determinazione delle formule di dosaggio.

Le prove di carattere generale riguardano, in particolare:

- per i terreni: la determinazione della granulometria, dei limiti di consistenza, del contenuto di acqua naturale, dell'eventuale presenza di sostanze organiche nonché della natura mineralogica;
- per i leganti: l'accertamento dei requisiti per essi richiesti (per le calci essenzialmente la granulometria ed il tenore in calce libera). I leganti devono provenire, per quanto possibile, dagli stessi impianti di quelli che si prevede di utilizzare in corso d'opera.

#### Utilizzazione in rilevato

In questo caso, le prove specifiche di dosaggio sono riferite alle proprietà che assicurino buone condizioni di posa in opera per le miscele: lavorabilità, compattabilità e sufficiente portanza immediatamente dopo costipamento, al fine di ottenere un supporto di rigidezza conveniente nella costruzione degli strati successivi.

Per esaminare la lavorabilità si deve eseguire lo studio delle variazioni dei limiti di consistenza in funzione del dosaggio in calce. Per soddisfare questo requisito occorre che il dosaggio in calce sia non inferiore a quello minimo, aumentando il quale non si hanno significative variazioni del limite di plasticità delle miscele.

Per quanto riguarda la portanza, occorre ottenere sulle miscele un indice CBR immediato<sup>4</sup> maggiore di:

- CBR = 10, per la stabilizzazione di terreni costituenti il piano d'appoggio del rilevato;
- CBR = 15, per gli strati di rilevato.

I dosaggi così determinati possono essere aumentati per tenere conto delle alee costruttive (spandimento, miscelazione, attese prima del costipamento), o per ridurre più energicamente il tenore in acqua del terreno in presenza di umidità naturali elevate.

#### **Utilizzazione in strati di sottofondo**

Oltre ai requisiti richiesti per l'impiego in rilevato, in questo caso si deve tenere conto anche delle sollecitazioni trasmesse dalla pavimentazione durante l'esercizio e delle azioni dell'acqua e del gelo.

Le miscele, compattate come descritto nella nota 4, devono presentare un indice di portanza CBR, dopo immersione di 4 giorni in acqua, maggiore di 20, al fine di garantire la necessaria portanza a breve termine,

La tenuta all'imbibizione va valutata, invece, rapportando la resistenza allo schiacciamento di provini cilindrici che nell'ultima parte del periodo di maturazione sono immersi per 7 giorni in acqua ( $R_{(x+7i)}$ ) rispetto a quella di provini di pari età maturati per tutto il periodo di stagionatura in condizioni protette ( $R_{(x+7)}$ ).

La resistenza all'azione dell'acqua può giudicarsi acquisita allorché detto rapporto risulta:

$$\frac{R_{(x+7i)}}{R_{(x+7)}} \geq 0,8$$

Per valutare la resistenza al gelo, dopo un periodo di maturazione in condizioni protette, in modo tale che il campione non perda umidità, i provini vengono immersi un giorno in acqua a 20°C e, successivamente, sottoposti a 13 cicli di gelo-disgelo (16 ore di gelo a -5°C, 8 ore di disgelo a +20°C).

La resistenza all'azione del gelo è ritenuta soddisfacente, se risulta:

$$\frac{R_{(x+17+13g)}}{R_{(x+14i)}} \geq 0,8$$

#### **2.4.6.4. Modalità di esecuzione dei lavori**

E' preferibile che i processi di fabbricazione delle miscele si svolgano nei luoghi di estrazione (scavi di trincea o cave di prestito). Il trattamento nei luoghi d'impiego non presenta particolari problemi per lo strato destinato a rimanere direttamente a contatto con il terreno naturale (strato inferiore delle bonifiche dei piani di appoggio dei rilevati e dei sottofondi di trincea), mentre, nella formazione di rilevati, bisogna curare attentamente che l'intero spessore sia stato interessato dal processo di stabilizzazione.

In genere, il trattamento prevede le seguenti fasi operative:

scasso del terreno con appositi aratri o scarificatrici, per tutto lo spessore da trattare (generalmente non superiore a 30 cm);

frantumazione delle zolle con erpici a disco oppure con frese (pulvimixer), per rendere la superficie sufficientemente regolare, prima dello spandimento della calce;

eventuale apporto d'acqua, qualora fosse necessario aumentare l'umidità della terra;

spandimento del legante in polvere mediante adatte macchine spanditrici. Tale operazione deve essere effettuata esclusivamente su quella porzione di terreno che si prevede di trattare entro la giornata lavorativa.

Fino a quando la porzione di terreno sulla quale è stato steso il legante non sia stata completamente miscelata, potrà essere attraversata solo dai mezzi adibiti alla miscelazione. Le spanditrici devono essere munite di un sistema di dosaggio asservito alla velocità di avanzamento: il quantitativo di calce, necessario al trattamento dell'intero strato, deve essere distribuito in maniera uniforme sulla superficie, prevedendo che ad ogni passaggio della spanditrice non debba essere distribuito più del 2% in peso rispetto alla massa di terra da trattare;

miscelazione della terra con macchine ad albero orizzontale rotante (pulvimixer), o con erpici a dischi, che permettano una miscelazione omogenea del legante e del terreno sullo spessore considerato.

Dalla natura del terreno trattato e dal suo grado di umidità dipenderà il numero di passate. Si deve garantire un sufficiente sbriciolamento della terra, fino ad ottenere una colorazione uniforme ed una dimensione massima delle zolle non superiore a 40 mm per le bonifiche dei piani di appoggio dei rilevati, di 30 mm per gli strati di

---

<sup>4</sup> Indice CBR determinato subito dopo il confezionamento dei provini, senza preventiva immersione in acqua, compattando le miscele ad energia prossima a quella dell'AASHTO standard, secondo la norma SN 670320b (5 strati, 26 colpi per strato, pestello del peso di 4,54 kg, altezza di caduta 45,7 cm.).

rilevato e di 20 mm per gli strati di sottofondo. Nel caso di miscele per strati di rilevato si deve, inoltre, verificare che l'80% del terreno, ad esclusione delle porzioni lapidee, risulti passante al staccio con apertura di 5 mm.

La compattazione del materiale trattato deve essere eseguita evitando attese eccessive che portano ad un decadimento delle prestazioni meccaniche a medio e lungo termine delle miscele. Pertanto, l'Impresa non dovrà porre in essere, nell'organizzazione dei lavori, attese superiori alle sei ore tra l'ultimazione della miscelazione e l'avvio del costipamento. Le miscele che abbiano subito attese prolungate devono essere allontanate a cura e spese dell'Impresa.

Per gli strati di sottofondo la stesa del materiale deve essere effettuata soltanto mediante motolivellatrici.

Per la compattazione si devono utilizzare rulli a piedi costipanti o rulli gommati. Il costipamento deve essere spinto fino ad ottenere per il grado di addensamento i livelli indicati in progetto.

Le operazioni di trattamento e di posa in opera della terra stabilizzata devono essere effettuate in condizioni meteorologiche tali da evitare rapide variazioni del contenuto di acqua del terreno naturale e delle miscele terra-calce. Le operazioni vanno sospese se la temperatura ambiente scende sotto i 7 °C.

#### **2.4.6.5. Controlli di esecuzione**

Il controllo in corso d'opera del dosaggio in calce viene eseguito sia valutando la quantità in peso di legante raccolta entro teli di superficie nota, stesi sull'area da trattare, sia verificando lo spessore dello strato interessato dal trattamento mediante aste metalliche. La verifica del dosaggio deve essere effettuata per ciascuno strato nella misura di una presa per ogni 1000 m<sup>3</sup> di miscela.

La dimensione massima della zolle e la bontà della miscelazione vengono valutate mediante staccatura a secco, mentre l'omogenea ripartizione del legante nella massa trattata viene valutata mediante l'esame della colorazione delle miscele ed, eventualmente, mediante misure di pH su campioni prelevati nella massa dello strato a differenti profondità.

Le misure di pH per il controllo del dosaggio in calce sono effettuate con frequenza di una prova ogni 1.000 m<sup>3</sup> di materiale trattato.

L'ubicazione dei prelievi e delle prove è scelta ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori.

Il controllo del costipamento degli strati finiti, realizzato mediante misure di massa volumica come sopra specificato, e della portanza con prove CBR deve rispettare le frequenze previste nella Tabella 2 -13 per gli strati di rilevato e per quelli di sottofondo. A discrezione della Direzione dei Lavori, sugli strati finiti possono essere effettuate prove con piastra per valutare il modulo di deformazione  $M_d$  o prove di deflessione, operando con mezzi ad elevato rendimento, che consentano la determinazione del modulo elastico dinamico ( $M_{ed}$ ): in questi casi, i valori di riferimento devono essere quelli stabiliti nel corso delle prove preliminari di campo, tenuto conto della destinazione dello strato e della stagionatura (età) delle miscele.

#### **2.4.7. Sottofondo**

Il sottofondo, in generale, può essere realizzato con la stesa di uno o più strati, ciascuno avente spessore non superiore a 30 cm, salvo diverse indicazioni risultanti dalla sperimentazione su campo prove. Lo spessore totale dello strato di sottofondo dipende dalla natura del materiale utilizzato, dalla portanza del supporto e da quella assunta in progetto per il piano di posa della sovrastruttura. La capacità portante del sottofondo deve essere corrispondente ai dati di progetto e quindi occorre verificarla prima della posa in opera della fondazione. In lavori di manutenzione può capitare che il sottofondo sia costituito da strati anche legati, in parte fessurati, della pavimentazione preesistente all'intervento: qualora questi strati non contengano leganti bituminosi la valutazione sarà analoga a quella del sottofondo non legato.

##### **2.4.7.1. Materiali costituenti**

Non tutti i materiali adottati per la costruzione dei rilevati possono essere impiegati per realizzare gli strati di sottofondo. Questo aspetto deve essere tenuto in conto per la formulazione del programma dettagliato delle lavorazioni dei movimenti di terra:

- occorre considerare che, in ogni caso, la regolarità richiesta per il piano di posa della pavimentazione porta ad escludere materiali con elementi maggiori di  $D=100$  mm;
- nel caso in cui si impieghino materiali non legati, al fine di ottenere le proprietà meccaniche e l'impermeabilità richieste per gli strati, occorre utilizzare terre granulari con assortimento granulometrico ben graduato (curve compatte), costituite preferibilmente da elementi a spigoli vivi, dotate di poco fino (passante allo 0,063 mm minore del 12%) e non plastiche ( $IP < 6$ ).

##### **Materiali sciolti naturali**

Si prestano a costituire ottimi strati di sottofondo, i tout-venant di cava ed i misti di fiume (naturali o corretti granulometricamente), con granulometria 0/100 mm ben assortita, appartenenti al gruppo A<sub>1-a</sub> della classificazione CNR-UNI 10006.



Possono essere impiegate, altresì, anche senza trattamento con legante, terre con indice di gruppo IG = 0, purché prive di elementi maggiori di D>100 mm e rispondenti ai requisiti di portanza appresso indicati, fatte salve soluzioni differenti da giustificarsi sotto il profilo tecnico ed economico. Inoltre, nel rispetto delle dimensioni massime sopra specificate, possono essere impiegate anche terre stabilizzate a cemento, a calce o a calce e cemento, materiali provenienti da demolizione e rocce tenere in disfacimento e/o autocementanti:

terre dei gruppi A<sub>1-b</sub>, A<sub>2-4</sub> ed A<sub>2-5</sub>, con passante allo 0.075 mm maggiore del 12%, previa stabilizzazione a cemento od a calce-cemento;

terre dei gruppi A<sub>2-6</sub> ed A<sub>2-7</sub> con una percentuale di fino maggiore al 5% previa stabilizzazione mista (a calce e cemento) od a sola calce.

limi dei gruppi A<sub>4</sub> ed A<sub>5</sub> previa stabilizzazione a calce e cemento, nonché le argille dei gruppi A<sub>6</sub> ed A<sub>7</sub>, dotate di plasticità non eccessivamente elevata (IP< 25%), previa stabilizzazione con sola calce.

In questi ultimi casi, l'attitudine all'impiego deve essere valutata mediante prove CBR di laboratorio, ovvero attraverso misure di modulo di deformazione Md sugli strati posti in opera, nel rispetto dei requisiti indicati in Tabella 2 -12.

Qualora le prove di portanza CBR di laboratorio risultassero significative (materiale passante allo staccio da 20 mm, UNI EN 933-2), l'idoneità all'impiego della terra potrà essere accettata se essa presenterà valori di indice di portanza CBR (energia AASHTO Modificata) non inferiori a quanto appresso specificato:

nel caso di sottofondi costituiti da terreni granulari, clima asciutto, assenza di rischi d'imbibizione per infiltrazione laterale o dall'alto o per risalita capillare:

CBR = 20% (w = w<sub>opt</sub> ± 2 %; senza immersione);

per sottofondi costituiti da terreni granulari, nel caso in cui una delle condizioni sopracitate venga a mancare:

CBR = 20% (w = w<sub>opt</sub> ± 2 %; 4 giorni di immersione);

nel caso di sottofondi costituiti da terreni limo-argillosi o in presenza di drenaggi insufficienti:

CBR = 20% (w = w<sub>opt</sub> ± 2 %; saturazione completa).

#### **Materiali riciclati**

Le miscele di materiali provenienti da scarti, sia prevalentemente edilizi, sia anche industriali, per essere impiegate nella formazione di strati di sottofondo devono possedere i requisiti indicati nella Tabella 2 -9 o nella Tabella 2 -10, a seconda che si tratti di aggregati da costruzione e demolizione, o di inerti provenienti prevalentemente da scarti di attività industriali. Ai fini del loro impiego l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione dello stesso tramite certificazione rilasciata da un Laboratorio specializzato. L'idoneità all'impiego del materiale deve essere accertata anche mediante il valore dell'Indice C.B.R. determinato secondo la norma CNR-UNI 10009/64; il materiale sarà ritenuto idoneo se fornisce valori dell'Indice di portanza C.B.R., su provini addensati con energia AASHTO Mod. e umidità w = w<sub>opt</sub> ± 2 %, dopo 4 giorni di immersione in acqua, pari a CBR ≥ 20 %

**Tabella 2-9 - Aggregati da costruzione e demolizione per strati di sottofondo**

| Parametro  | Modalità di prova           | Limiti          |
|--|-----------------------------|-----------------|
| Calcestruzzi, mattoni e laterizi, intonaci, materiali litici, malte, ceramica            | UNI EN 13285<br>Appendice A | > 80% in massa  |
| Vetro e scorie vetrose   | UNI EN 13285<br>Appendice A | ≤ 10% in massa  |
| Conglomerati bituminosi  | UNI EN 13285<br>Appendice A | ≤ 15% in massa  |
| Materiali deperibili o cavi (carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari) | UNI EN 13285<br>Appendice A | ≤ 0,2% in massa |
| Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, gesso   | UNI EN 13285<br>Appendice A | ≤ 0,4% in massa |
| Terre di fonderia, scorie d'altoforno, silicati, carbonati e idrati di calcio            | UNI EN 13285<br>Appendice A | ≤ 15% in massa  |
| Perdita per abrasione "Los Angeles"  | UNI EN 1097-2               | ≤ 45%           |
| Sensibilità al gelo ( * )  | UNI EN 1367-1               | ≤ 30%           |

| Parametro  | Modalità di prova                | Limiti  |
|--|----------------------------------|---|
| Indice di plasticità   | CNR UNI 10014                    | Non Plastico  |
| Passante allo staccio 63 mm  | UNI EN 933-1                     | 100%  |
| Passante allo staccio 4 mm   | UNI EN 933-1                     | ≤ 60% in massa  |
| Passante allo staccio 0,063 mm   | UNI EN 933-1                     | ≤ 15% in massa  |
| Rapporto fra passante allo staccio 0,500 mm e passante allo staccio 0,063 mm           | UNI EN 933-1                     | > 1,5   |
| Produzione finissimo per costipamento AASHTO Mod. nell'intervallo ±2% W <sub>OTT</sub> | CNR B.U. n.69/78<br>UNI EN 933-1 | Differenza<br>$P_{0,063post} - P_{0,063ante}$<br>≤ 5% |
| Indice di forma  | UNI EN 933-4                     | ≤ 35%   |
| Indice di appiattimento  | UNI EN 933-3                     | ≤ 35%   |
| ( * ) In zone soggette al gelo   |                                  |   |

In ogni caso il rigonfiamento rilevato secondo le modalità previste dalla stessa Norma CNR-UNI 10009/64 non dovrà essere superiore a 1%.

I piani di sottofondo devono essere sistemati con falde pendenti verso l'esterno (in rilevato) o verso le opere di raccolta delle acque, con pendenza trasversale non inferiore al 4%, al fine di allontanare rapidamente le acque meteoriche.

**Tabella 2-10 - Scarti industriali per strati di sottofondo**

| Parametro   | Modalità di prova                | Limiti  |
|---|----------------------------------|---|
| Terre esauste o di fonderia, scorie d'altoforno, ceneri volanti, silicati, carbonati e idrati di calcio       | UNI EN 13285<br>Appendice A      | > 80% in massa  |
| Sfridi di argilla espansa, frammenti di mole abrasive, conchiglie e altri materiali inerti                    | UNI EN 13285<br>Appendice A      | ≤ 15% in massa  |
| Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, lana di roccia, materiali deperibili o cavi, residui alimentari, gesso | UNI EN 13285<br>Appendice A      | ≤ 0,5% in massa                                       |
| Perdita per abrasione "Los Angeles"   | UNI EN 1097-2                    | ≤ 45%   |
| Sensibilità al gelo ( * )   | UNI EN 1367-1                    | ≤ 30%   |
| Indice di plasticità  | CNR UNI 10014                    | Non Plastico  |
| Passante al setaccio 63 mm  | UNI EN 933-1                     | 100%  |
| Passante al setaccio 4 mm   | UNI EN 933-1                     | ≤ 60% in massa  |
| Passante al setaccio 0,063 mm   | UNI EN 933-1                     | ≤ 20% in massa  |
| Rapporto fra passante al setaccio 0,500 mm e passante al setaccio 0,063 mm                                    | UNI EN 933-1                     | > 1,5   |
| Produzione finissimo per costipamento AASHTO mod. nell'intervallo ±2% W <sub>OTT</sub>                        | CNR B.U. n.69/78<br>UNI EN 933-1 | Differenza<br>$P_{0,063post} - P_{0,063ante}$<br>≤ 5% |
| Indice di forma   | UNI EN 933-4                     | ≤ 35%   |
| Indice di appiattimento   | UNI EN 933-3                     | ≤ 35%   |
| ( * ) In zone soggette al gelo  |                                  |   |

## 2.5. CONTROLLI

### 2.5.1. Controllo delle forniture

In corso d'opera devono essere effettuate prove di controllo su campioni prelevati in sito, prima della posa in opera del materiale, in contraddittorio con la Direzione dei lavori, sia per le necessità connesse alla costruzione degli strati, particolarmente per quanto riguarda il costipamento, sia per evidenziare che non abbiano a verificarsi derive nella qualità dei materiali. Il numero dei campioni dipende dall'eterogeneità dei materiali interessati; per ogni approvvigionamento omogeneo la numerosità delle prove di attitudine deve rispettare i criteri quantitativi riportati nella Tabella 2-11 salvo diverse e documentate prescrizioni della Direzione Lavori.

### 2.5.2. Controlli prestazionali sugli strati finiti

Le prestazioni degli strati posti in opera possono essere accertate, in relazione alla granulometria del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove AASHTO di laboratorio, e/o attraverso il controllo della capacità portante.

Le prove di controllo della portanza devono essere effettuate mediante misure del modulo di deformazione  $M_d$ , al primo ciclo di carico, secondo quanto previsto dalla norma CNR 146/92.

Il controllo mediante misure di massa volumica in sito può essere applicato soltanto se, come previsto dalla norma CNR B.U. n. 69/78, la frazione di materiale trattenuta allo staccio 20 mm UNI EN 933-2 non supera il 35% della massa totale.

**Tabella 2-11 Frequenza minima dei controlli delle forniture dei materiali (una prova ogni..m<sup>3</sup>)**

| Destinazione   | Rilevato                         |                             | Sottofondo                      |                             | Massicci rinforzati             |                             |
|--|----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
|  | Primi<br>10000<br>m <sup>3</sup> | Ulteriori<br>m <sup>3</sup> | Primi<br>5000<br>m <sup>3</sup> | Ulteriori<br>m <sup>3</sup> | Primi<br>5000<br>m <sup>3</sup> | Ulteriori<br>m <sup>3</sup> |
| Tipo di prova  |                                  |                             |                                 |                             |                                 |                             |
| <b>Materiali sciolti naturali</b>                        |                                  |                             |                                 |                             |                                 |                             |
| Classificazione<br>CNR-UNI 10006 -2002                   | 2000                             | 4000                        | 1000                            | 2000                        | 1000                            | 2000                        |
| Costipamento   | 5000                             | 10000                       | 2500                            | 5000                        | 2500                            | 5000                        |
| CBR  |                                  |                             | 2500<br>(1)                     | 5000 <sup>(1)</sup>         |                                 |                             |
| <b>Materiali riciclati</b>                               |                                  |                             |                                 |                             |                                 |                             |
| Requisiti delle Tabelle 1-4<br>e 1-5                     | 1000                             | 2000                        |                                 |                             |                                 |                             |
| Requisiti delle Tabelle 1-8<br>e 1-9                     |                                  |                             | 1000                            | 2000                        |                                 |                             |
| Costipamento   | 1000                             | 2000                        | 1000                            | 2000                        |                                 |                             |
| CBR  |                                  |                             | 1000                            | 2000                        |                                 |                             |
| <b>Tutti i materiali</b>                                 |                                  |                             |                                 |                             |                                 |                             |
| Umidità naturale   | 500                              | 1000                        | 500                             | 1000                        | 500                             | 1000                        |
| (1) Solo per i materiali non appartenenti al gruppo A1-a |                                  |                             |                                 |                             |                                 |                             |

In questo caso il controllo della massa volumica apparente può essere effettuato previa correzione del peso di volume del secco in sito, per tenere conto della presenza di elementi lapidei di dimensioni maggiori di 20 mm:

$$\gamma_{d,sito} = \frac{P_d - P'_d}{V - V'}$$

$P_d$  : massa totale dopo essiccazione del materiale prelevato;

$V$  : volume totale occupato in sito dal materiale prelevato;

$P'_d$  : massa del secco della frazione trattenuta allo staccio UNI EN 20 mm;

$V' = P'_d / \gamma_s$  : volume della frazione trattenuta allo staccio UNI EN 20 mm;

$\gamma_s$  : massa volumica apparente della frazione trattenuta allo staccio UNI EN 20 mm.

Quando per le caratteristiche dimensionali del materiale non sia possibile procedere al controllo prestazionale con misure di massa volumica (non essendo possibile determinare riferimenti rappresentativi da prove di

costipamento AASHTO Mod. di laboratorio), per valutare il grado di costipamento la Direzione Lavori può prescrivere l'esecuzione di prove di modulo a doppio ciclo di carico (CNR B.U. 146/92).

La determinazione del modulo al secondo ciclo di carico permette, in ogni caso, di ottenere più ampi elementi di giudizio sulla qualità meccanica degli strati posti in opera, ivi compresi quelli sottostanti lo strato esaminato. Il rapporto tra il valore del modulo di deformazione  $M_d'$  al secondo ciclo di carico ed il valore del modulo di deformazione  $M_d$  al primo ciclo di carico dovrà, in ogni caso, essere non superiore a 2.5. La prova di carico a doppio ciclo risulta inoltre necessaria quando le prove di portanza non sono eseguite immediatamente dopo l'ultimazione del costipamento e, pertanto, è ragionevole temere che le misure al primo ciclo possano risultare influenzate dal disturbo prodotto dagli agenti atmosferici sulla parte più superficiale dello strato.

In alternativa, o anche ad integrazione delle misure di modulo di deformazione, il controllo della portanza degli strati finiti può essere effettuato mediante misure di deflessione, operando con mezzi ad alto rendimento che consentono la determinazione del modulo elastico dinamico equivalente  $M_{ed}$ . Le soglie da raggiungere devono essere determinate, preliminarmente, sulla base delle correlazioni stabilite in campo prova tra il modulo  $M_{ed}$  e il modulo di deformazione  $M_d$ , tenuto conto della struttura da realizzare e del materiale in esame. Le misure di deflessione risultano, generalmente, assai più rapide dalle misure di modulo di deformazione e, pertanto, possono essere convenientemente predisposte per ottenere una rappresentazione della variazione della portanza sull'intera estensione dello strato esaminato, sia in senso longitudinale, sia in senso trasversale, se ciò è ritenuto necessario, come nel caso degli ampliamenti e delle sezioni a mezza costa. Queste determinazioni possono inoltre rappresentare la base per la scelta dei punti in cui effettuare misure del modulo di deformazione  $M_d$  se occorre determinare la distribuzione spaziale della portanza degli strati di rilevato realizzati, finalizzata al sezionamento del rilevato in tronchi omogenei di portanza.

Dato che la portanza di una terra o di un materiale granulare dipende dal suo contenuto d'acqua in misura più o meno maggiore in relazione alla natura del materiale stesso, i livelli prestazionali indicati nella Tabella 2 -12 si riferiscono a contenuti d'acqua "w" compresi tutti nell'intervallo:

$$w_{ott} - 2,0\% < w < w_{ott} + 2,0\%$$

( $w_{ott}$  = umidità ottima di costipamento ricavata con prove AASHTO Mod.)

Se il contenuto d'acqua "w" del materiale al momento delle prove dovesse risultare esterno all'intervallo sopra specificato, la capacità portante può essere stimata a partire dalle relative misure effettuate tenendo opportunamente conto dell'influenza dell'umidità. Ciò richiede che per il dato materiale siano determinate preliminarmente nel campo prova le correlazioni tra la capacità portante e l'umidità del materiale stesso.

Quando le suddette correlazioni non siano state determinate, nel caso delle prove di carico con piastra o di deflessione, occorre ricondurre il contenuto d'acqua del materiale (per uno spessore di almeno 15 cm) all'interno dell'intervallo sopraindicato.

**Tabella 2-12 Criteri di qualità e requisiti per gli strati di rilevato e sottofondo**

| Strato     | Distanza dalla fondazione | Grado di addensamento % vs max di laboratorio | Modulo di deformazione $M_d$ ( N/mm <sup>2</sup> ) |
|------------|---------------------------|---|--|
| Sottofondo | d= 0 cm                   | ≥ 95% AASHTO Mod.                             | ≥ 75   |
|            | d= 30 cm                  | ≥ 92% AASHTO Mod..                            | ≥ 45   |
| Rilevato   | d= 60 cm                  | ≥ 92% AASHTO Mod.                             | ≥ 25   |
|            | d≥90 cm                   | ≥ 90% AASHTO Mod..                            | ≥ 15   |

La Tabella 2 -12 riassume i livelli minimi delle prestazioni richieste ai differenti strati posti in opera, in relazione alla loro posizione. Per valori della distanza dalla fondazione intermedi rispetto agli estremi indicati, i livelli minimi delle prestazioni vengono determinati considerando una variazione lineare tra i valori estremi dell'intervallo riportati nella stessa tabella.

#### 2.5.2.1. Frequenza dei controlli sugli strati finiti

La frequenza delle prove di controllo degli strati finiti deve rispettare quanto previsto nella Tabella 2 -13, salvo diverse e documentate prescrizioni da parte della Direzione Lavori.

**Tabella 2-13 Frequenza minima dei controlli per ciascuno strato finito (una prova ogni ...m<sup>2</sup>)**

| Destinazione  | Corpo del rilevato   |                | Sottofondo          |                |
|---------------|----------------------|----------------|---------------------|----------------|
|               | Primi                | Ulteriori      | Primi               | Ulteriori      |
| Tipo di prova | 10000 m <sup>2</sup> | m <sup>2</sup> | 5000 m <sup>2</sup> | m <sup>2</sup> |

| Destinazione                                  | Corpo del rilevato |                   | Sottofondo |           |
|---|--------------------|-------------------|------------|-----------|
|   | Primi              | Ulteriori         | Primi      | Ulteriori |
| Grado di addensamento                         | 2000               | 4000              | 1000       | 2000      |
| Modulo $M_d$ e $M_d/M'_d$                     | 2000 <sup>1</sup>  | 4000 <sup>1</sup> | 1000       | 2000      |
| Modulo elastico dinamico equivalente $M_{ed}$ | 400                | 400               | 200        | 200       |

<sup>1</sup> Solo nel caso in cui non è possibile procedere al controllo del grado di addensamento

### 2.5.2.2. Tolleranze sui risultati

Per ciascun tipo di prova di controllo, nel caso in cui il numero delle misure risulti inferiore a 5, come può avvenire per lavori di entità molto modesta, tutti i valori misurati devono rispettare le soglie minime riportate nella Tabella 2 -12.

Negli altri casi si può accettare che su 5 risultati di una stessa prova di controllo una possa non rispettare i valori minimi richiesti, purché lo scostamento di tali valori non ecceda:

- il 5%, per le misure di massa volumica secca  $\gamma_s$ ;
- il 10%, per le misure di portanza (modulo  $M_d$  e  $M'_d$ ).

Per le prove di portanza ad alto rendimento la media dei valori del modulo  $M_{ed}$  ricavata da almeno 12 determinazioni non dovrà essere inferiore ai valori minimi prestabiliti. Può essere tollerato uno scostamento da tali valori minimi purché lo scostamento stesso non ecceda il 20%.

### 2.5.2.3. Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto

La misura delle tolleranze va eseguita mediante regolo di 4 m di lunghezza (Norma UNI EN 13036-7: 2004), disposto secondo due direzioni ortogonali; gli scostamenti vanno letti in direzione normale ai piani considerati.

I controlli di esecuzione sono effettuati di norma:

- ogni 5000 m<sup>2</sup>, per le scarpate ed i piani di appoggio degli strati di sottofondo
- ogni 1000 m<sup>2</sup>, per i piani di posa della pavimentazione.

L'Impresa è tenuta a rispettare le seguenti tolleranze d'esecuzione sui piani finiti:

- $\pm 2\%$  per la pendenza delle scarpate di trincea e di rilevato;
- $\pm 3$  cm, per i piani di sottofondo;
- $\pm 5$  cm, per i piani di appoggio degli strati di sottofondo;
- $\pm 10$  cm, per i piani delle scarpate, sia nel caso vengano rivestite con terra vegetale, sia in caso contrario.

### 2.5.3. Riempimenti

Con la generica denominazione di riempimenti si individuano diverse tipologie di lavorazioni che riguardano: sistemazioni di tratti di rilevato rimasti in sospeso, rinterro di cavi praticati nel corpo stradale per diversi scopi (come ad esempio la posa di sottoservizi), riempimenti a ridosso di opere di sostegno, ripristino di cavi di fondazioni intorno a strutture murarie, sistemazioni ambientali. La compattazione, generalmente difficoltosa per la ristrettezza degli spazi e per la delicatezza dei manufatti interessati, non deve giustificare rinuncia di sorta alle portanze prescritte.

È necessario, pertanto, impiegare materiale granulare selezionato, efficacemente sensibile al costipamento per vibrazione.

I materiali, trasportati mediante autocarri o mezzi simili, non devono essere scaricati direttamente a ridosso dei cavi o al loro interno, ma depositati in loro vicinanza e successivamente posti in opera a strati per essere compattati con mezzi adatti.

L'Impresa deve evitare di realizzare rilevati e/o rinterri in corrispondenza di manufatti murari che non abbiano raggiunto sufficienti caratteristiche di resistenza e non deve operare mediante grossi rulli vibranti entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti delle strutture murarie. Alle spalle di tali strutture devono essere impiegati mezzi di compattazione leggeri, come piastre vibranti e rulli azionati a mano, avendo cura di garantire i requisiti di deformabilità e addensamento richiesti, operando su strati di spessore ridotto.

Nell'eseguire la formazione dei riempimenti o dei tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi, ecc., si deve garantire la continuità con la parte già realizzata, impiegando materiali e livelli di compattazione identici onde ottenere analoghe caratteristiche prestazionali degli strati finiti. A ridosso delle murature dei manufatti, la Direzione Lavori ha facoltà di ordinare la stabilizzazione a cemento dei rilevati mediante miscelazione in sito del legante con i materiali predisposti, privati delle pezzature maggiori di 40 mm, qualora lo ritenga necessario in relazione alle caratteristiche dei terreni ed anche in aggiunta alle previsioni

progettuali. La stabilizzazione deve interessare una zona la cui sezione, lungo l'asse stradale, sia a forma trapezia, avente la base inferiore di 2,00 m, quella superiore pari a  $2,00 m + 3/2 h$  e l'altezza  $h$  coincidente con quella del rilevato. Il cemento, di tipo normale, va aggiunto in ragione di 25-50 kg/m<sup>3</sup> di materiale compattato; l'esatto quantitativo, entro i suddetti limiti, deve essere determinato sperimentalmente dall'Impresa e sottoposto all'approvazione della Direzione Lavori.

La miscela deve essere compattata fino al 95% della massa volumica massima del secco, ottenuta con energia AASHTO Modificata (CNR 69/78), procedendo per strati di spessore non superiore a 30 cm.

### **3. ACCIAIO DI ARMATURA PER c.a.**

Gli acciai per armature di c.a. e c.a.p. debbono corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabilite dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5/11/1971 no 1086 (D.M. 14/01/2008).

Per gli opportuni controlli da parte della D. L., l'Impresa dovrà documentare di ogni partita di acciaio che entra in cantiere la provenienza, la qualità e il peso complessivo di tondini di uno stesso diametro.

Saranno ammessi solamente acciai controllati in stabilimento, per i quali l'Appaltatore dovrà produrre la documentazione prescritta dalle Norme in vigore, che certifichi gli avvenuti controlli e consentire alla D. L. di accertare la presenza dei contrassegni di riconoscimento.

Per le caratteristiche meccaniche delle piastre di ancoraggio e per i manicotti di giunzione delle armature per c.a.p., se di serie si farà riferimento alle indicazioni del produttore per quel tipo di armatura adottata ( barra – trefolo ); diversamente ci si atterrà alle indicazioni di progetto.

Tutte le forniture dovranno essere accompagnate da un certificato di un Laboratorio Ufficiale, riferito al tipo di armatura di cui trattasi, e marchiate secondo quanto previsto nel DM 14/01/2008. È fatto divieto impiegare acciai non qualificati all'origine.

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dal citato D.M. 14/01/2008.

Rimane comunque salva la facoltà del D. L. di disporre eventuali ulteriori controlli per giustificati motivi a carico dell'Appaltatore.

L'esame e la verifica, da parte della Direzione Lavori, dei progetti delle opere e dei certificati degli studi preliminari di qualificazione, non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Quindi resta stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione Lavori, l'Appaltatore rimane l'unico e diretto responsabile delle opere a termine di legge, pertanto sarà tenuto a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

#### **3.1. ACCIAIO PER C.A.**

Gli acciai da c.a. saranno tutti di qualità saldabile controllato in stabilimento, secondo quanto previsto nel DM 14/01/1008.

Per gli acciai per c.a. di diametro  $\emptyset 28$  e  $\emptyset 30$  si adotterà il tipo B 450 C di qualità saldabile. Per i ganci di sollevamento di manufatti prefabbricati dovranno obbligatoriamente adottarsi acciai del tipo B 450 C, adottando diametri non superiori a  $\emptyset 24$ .

L'unità di collaudo per acciai in barre tonde lisce ed in barre ad aderenza migliorata è costituita dalla partita del peso max. di 25 t; ogni partita minore di 25 t deve essere considerata unità di collaudo indipendente.

Durante i lavori per ogni lotto di fornitura dovranno essere prelevati non meno di 3 campioni di 100cm di lunghezza cadauno, per ciascun diametro utilizzato, ed inviati a Laboratori Ufficiali.

In caso di risultati sfavorevoli di dette prove, il complesso di barre, al quale si riferisce il campione sarà rifiutato e dovrà essere allontanato dal cantiere.

Per il controllo del peso effettivo da ogni unità di collaudo, dovranno essere prelevate delle barre campione.

Qualora risultassero sezioni effettive inferiori a quelle ammesse dalle tolleranze previste dalle norme in vigore, 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 ed alle normative in vigore, dovranno essere aggiunte, modificando i disegni di progetto e dandone comunicazione alla D. L., barre in quantità sufficiente a realizzare una sezione di acciaio non inferiore a quella prevista dal progetto esecutivo originariamente approvato. I campioni saranno prelevati in contraddittorio ed inviati a cura dell'Appaltatore, sotto il controllo della Direzione Lavori, ad un Laboratorio Ufficiale.

Di tale operazione dovrà essere redatto apposito verbale controfirmato dalle parti.

La Direzione Lavori darà benestare per la posa in opera delle partite sottoposte all'ulteriore controllo in cantiere soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e ne avrà constatato l'esito positivo.

Nel caso di esito negativo si procederà come indicato nel D.M. 14/01/2008. Se anche dalla ripetizione delle prove risulteranno non rispettati i limiti richiesti, la Direzione Lavori dichiarerà la partita non idonea e l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese ad allontanarla dal cantiere.

### **3.1.1. Reti in barre di acciaio elettrosaldate**

Le reti saranno in barre del tipo B 450 C, controllate in stabilimento e di qualità saldabile, di diametro compreso tra 4 e 12 mm, con distanza assiale non superiore a 35 cm.

Dovrà essere verificata la resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo, come indicato nel DM 14/01/2008 e successivi aggiornamenti.

Per il controllo delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura si richiamano le norme di cui ai precedenti punti.

### **3.1.2. Posa in opera delle armature per c.a.**

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto tassativamente l'impiego di opportuni distanziatori prefabbricati in conglomerato cementizio o in materiale plastico; lungo le pareti verticali si dovrà ottenere il necessario distanziamento esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori ad anello; sul fondo dei casseri dovranno essere impiegati distanziatori del tipo approvato dalla Direzione Lavori.

L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate.

Le gabbie di armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; in ogni caso in corrispondenza di tutti i nodi dovranno essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm, in modo da garantire la invariabilità della geometria della gabbia durante il getto.

L'Appaltatore dovrà adottare inoltre tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante le operazioni di getto.

È 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, laddove previsti in progetto.

L'Appaltatore non potrà procedere al getto delle strutture armate prima che esse siano state ispezionate ed approvate dalla Direzione Lavori, salvo diverse disposizioni.

### **3.1.3. Giunzioni di barre da c.a.**

Eventuali giunzioni, quando non siano evitabili, dovranno essere realizzate con sovrapposizioni, mediante saldatura o mediante manicotti filettati e comunque nel rispetto della normativa vigente.

Le giunzioni delle reti elettrosaldate saranno realizzate sempre per sovrapposizione.

L'impiego di saldature in alternativa alle giunzioni per sovrapposizioni sarà consentito, risultando le barre di acciaio di qualità saldabile. Le modalità di saldatura dovranno essere comunicate tempestivamente dall'Impresa, e dovranno essere supportate con l'esito di alcune prove sperimentali.

Nel corso dei lavori, comunque, la Direzione Lavori avrà la facoltà di richiedere l'esecuzione di ulteriori prove di controllo sulle saldature eseguite.

#### **3.1.3.1. Manicotti filettati per armature ordinarie**

Ove previsto, la esecuzione di giunzioni sarà effettuata mediante uso di speciali giunti meccanici prodotti espressamente per barre d'armatura.

Le giunzioni saranno realizzate per mezzo di manicotti a filettatura troncoconica, costituiti da acciaio ad alta resistenza. La voce di elenco prezzi delle armature per c.a. compensa, oltre agli oneri di fornitura e di installazione dei manicotti, gli oneri di esecuzione delle filettature troncoconiche alle estremità delle barre da collegare, la fornitura del tappo di protezione in materiale plastico della parte di manicotto non occupato dalla barra di prima fase durante il getto del calcestruzzo, la eventuale piastrina di fissaggio del manicotto alla cassaforma, l'impiego di eventuali dime per il corretto posizionamento degli stessi, l'avvitamento delle barre filettate ai manicotti per mezzo di chiave dinamometrica certificata ed ogni altro eventuale onere per la dare il lavoro finito a regola d'arte.

Il manicotto dovrà essere fornito da Ditta con sistema di qualità certificato in grado di accompagnare ogni fornitura con test di trazione eseguiti in fase produttiva da un proprio laboratorio interno e dovrà avere le seguenti caratteristiche tecniche:

- tensione di snervamento  $\geq 550\text{N/mm}^2$
- tensione di rottura  $\geq 750\text{N/mm}^2$

Le filettature troncoconiche delle barre e quelle del manicotto dovranno essere realizzate in modo che la giunzione in opera garantisca un perfetto accoppiamento che non renderà necessario l'uso di controdadi.

Giunzioni meccaniche alternative potranno essere utilizzate previa approvazione da parte della D.L. e dietro presentazione della scheda tecnica che ne comprovi la equivalenza in termini di resistenza della giunzione.

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.

#### **3.2. COPRIFERRI**

Copri ferro 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" (D.M. 14/01/2008) emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5.11.1971 n. 1086.

Lo spessore del copri ferro, 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 3.00cm 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 conforme al citato DM 14/gennaio/2008.

In corrispondenza di angoli o punti dove la piegatura delle barre da c.a. (effettuata secondo i raggi di curvatura previsti nel DM 14/gennaio/2008) rende il copri ferro localmente superiore a 5.00cm, si dovrà prevedere la presenza di armatura secondaria di piccolo diametro sagomata in maniera tale da mantenere il copri ferro non superiore, in alcun punto, a 5.00cm. In alternativa alle reti elettrosaldate si potrà far ricorso a barre di diametro non superiore a 8.00mm posizionate ad interasse non superiore ai 25.00cm e collegate da barre ortogonali di eguale diametro, di cui almeno una sullo spigolo, e distanziate non oltre 25.00cm.

La sovrapposizione tra l'armatura secondaria di frettaggio e le barre previste sui disegni di progetto sarà non minore di 20 volte il diametro della barra di frettaggio.

#### **3.3. TOLLERANZE**



Tutte le armature presenti nel conglomerato cementizio, normale e precompresso, dovranno essere conformi a quanto previsto negli elaborati progettuali.

In particolare, le tolleranze ammesse sul peso e sul diametro nominale delle barre saranno conformi a quelle prescritte dalla Normativa vigente, mentre quella sulla posa in opera non dovrà essere superiore a  $\pm 2$  cm. Per quanto attiene il profilo di sagomatura, la tolleranza non dovrà essere superiore a  $\pm 5$  cm sulla lunghezza dei ferri longitudinali.

La tolleranza ammessa sul copri ferro non potrà eccedere i 0,5cm.

#### 4. CALCESTRUZZI

#### **4.1. GENERALITÀ**

#### **4.2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le presenti prescrizioni si intendono integrative delle Norme Tecniche emanate in applicazione all'art. 21 della legge n. 1086 del 05/11/1971 e delle norme di legge vigenti in merito a leganti, inerti, acqua di impasto ed additivi nonché delle relative Norme UNI.

In particolare le verifiche e le elaborazioni di cui sopra saranno condotte osservando tutte le vigenti disposizioni di Legge e le Norme emanate in materia.

L'Impresa sarà tenuta all'osservanza:

- della Legge 5 novembre 1971, n. 1086 " Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" (G.U. n. 321 del 21.12.1971);
- della Legge 2 febbraio 1974, n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche" (G.U. n. 76 del 21.03.1974);
- del D.M. 19.06.1984, n. 24771 "Norme Tecniche relative alle costruzioni sismiche" (G.U. n. 208 del 30.07.1984);
- del D.M. 29.01.1985 "Norme Tecniche – di rettifica – relative alle costruzioni sismiche" (G.U. n. 26 del 31.01.1985);
- del Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 24.01.1986 "Norme Tecniche relative alle costruzioni sismiche" (G.U. n. 108 del 12.05.1986) e relative istruzioni emanate con Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 27690 del 19.07.1986 (Circolare ANAS. n. 55/1986);
- del D.M. 4 maggio 1990 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per la progettazione, la esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali" (G.U. n. 24 del 29.01.1991) e sue istruzioni emanate con circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 34233 del 25.02.1991 (Circolare ANAS. n. 28/1991 del 18.06.1991).
- del D.M. 14 febbraio 1992 "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche (S.O. alla G.U. n. 65 del 18.03.1992);
- del D.M. 9 gennaio 1996 " Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" (S.O. alla G.U. n. 19 del 05.02.1996);
- del D.M. 16 gennaio 1996 " Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" (S.O. alla G.U. n. 29 del 05.02.1996) e relative integrazioni, proroghe e istruzioni emanate con circolare del Ministero LL.PP. n. 65 del 10.04.1997 (S.O. alla G.U. n. 97 del 28.04.1997);
- della circolare del Ministero LL.PP. n. 156 del 04.07.1996 concernente " Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche relative ai criteri generali e la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" (S.O. alla G.U. n. 217 del 16.09.1996);
- della circolare del Ministero LL.PP. n. 252 del 15.10.1996 concernente " Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" (S.O. alla G.U. n. 227 del 26.11.1996);
- UNI 9858: "Calcestruzzo. Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità";
- UNI 8991 "Durabilità delle opere e manufatti in calcestruzzo";
- del DM 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni" e successiva circolare esplicativa n. 618 del 02/02/2009.

L'Appaltatore sarà tenuto inoltre a presentare all'esame della Direzione Lavori i progetti delle opere provvisori (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione).

In particolare, prima dell'inizio dei getti di ciascuna opera d'arte, l'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile all'esame della Direzione Lavori, i risultati dello studio preliminare di qualificazione eseguito per ogni tipo di conglomerato cementizio utilizzato per le opere comprese nell'appalto al fine di comprovare che il conglomerato proposto avrà caratteristiche prestazionali non inferiori a quelle richieste dal progetto e dalle presenti norme tecniche.

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti dei conglomerati cementizi solo dopo aver avuto dall'Appaltatore i certificati dello studio preliminare di cui al punto precedente rilasciati da Laboratori Ufficiali ed aver effettuato gli opportuni riscontri, ivi comprese ulteriori prove di laboratorio.

L'esame e la verifica, da parte della Direzione Lavori, dei progetti delle opere e dei certificati degli studi preliminari di qualificazione, non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Quindi resta stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione Lavori, l'Appaltatore rimane l'unico e diretto responsabile delle opere a termine di legge, pertanto sarà tenuto a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

#### 4.3. CLASSIFICAZIONE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

Nella Tabella I, vengono riportati i tipi di conglomerato cementizio ed i loro campi di impiego.

Tabella Ia

| TIPO DI CLS | IMPIEGO DEI CONGLOMERATI   | CLASSI Rck (minima) | CONSISTENZA UNI 9418 |
|-------------|--|---------------------|----------------------|
| I           | Conci prefabbricati per ponti in c.a.p. realizzati a sbalzo per conci successivi e Travi prefabbricate in c.a.p. a fili aderenti   | 55 MPa              | S4                   |
| II          | Conci gettati in opera per ponti in c.a.p. realizzati a sbalzo per conci successivi  | 45 MPa              | S4                   |
| III         | Trasversi gettati in opera su travi prefabbricate in c.a.p. e Impalcati completi gettati in opera  | 40 MPa              | S4                   |
| IV          | Strutture in elevazione (pile, paramenti e muri di spalle) e Solette gettate in opera su travi in acciaio  | 35 MPa              | S4                   |
| V           | Strutture di fondazione (plinti, zattere, platee), Rivestimenti definitivi di gallerie e Opere Minori (sottovia, tombini, barriere parapetti, cunette, cordoli, pavimentazioni, muri di sostegno delle terre, opere di difesa) | 30 MPa              | S4                   |
| VI          | Fondazioni non armate o debolmente armate (pozzi, sottoplinti, ecc.) e Pali  | 25 MPa              | S4                   |
| VII         | Cls di sottofondazione (magroni)   | 15 MPa              | S3                   |
| VIII        | Cls leggeri per zone di transizione a tergo delle spalle delle opere d'arte (peso di volume non maggiore di 1800kg/m3)   | 15 MPa              | S3                   |

Per tutte le opere possono essere adottate consistenze diverse previa autorizzazione della D.L. che valuterà i singoli casi.

|                  |
|------------------|
| S1 slump 1-5 cm  |
| S2 slump 6-10 cm |
| S3 slump 11-15cm |
| S4 slump 16-20cm |
| S5 slump 21-25cm |

Le prescrizioni relative alla classe di conglomerato cementizio (resistenza caratteristica cubica a 28 giorni di stagionatura espressa in MPa) sono da ritenersi come minime al fine di garantire le prestazioni meccaniche richieste dal progetto esecutivo in funzione dei rapporti acqua/cemento individuati nel paragrafo dedicato alla durabilità dei cls.

Per i cls da impiegare negli elementi precompressi la resistenza caratteristica cubica al momento della tesatura dei cavi indicata negli elaborati progettuali vale:

☉ Rckj=45MPa al tempo "j" di tesatura per cls tipo I;

☉ Rckj=40MPa al tempo "j" di tesatura per cls tipo II.

##### 4.3.1. Durabilità dei calcestruzzi

La norma UNI 9858 elenca i requisiti dei calcestruzzi perché abbiano la durabilità adeguata alla classe di esposizione ambientale prevista. Tali caratteristiche interessano le seguenti caratteristiche dei cls:

- ☉ il rapporto a/c massimo;
- ☉ il dosaggio minimo del cemento;
- ☉ il volume di aria inglobata;
- ☉ la resistenza al gelo degli aggregati;
- ☉ l'impermeabilità del cls;
- ☉ il tipo di cemento utilizzato;
- ☉ la stagionatura.

Sul calcestruzzo indurito si effettua, come misura indiretta del rapporto a/c, la misura della resistenza caratteristica  $R_{ck}$  poiché strettamente legata al suddetto rapporto, una volta stabilito il tipo e la classe di resistenza del cemento da utilizzare. Per questo si richiama l'attenzione sulla necessità di rispettare le specifiche indicate non solo per quel che riguarda la  $R_{ck}$ , ma altresì il tipo e la classe di resistenza del cemento. Infatti, se si confezionasse un calcestruzzo avente la stessa resistenza caratteristica ma con cemento di classe di resistenza superiore, si otterrebbe un prodotto meno rispondente ai requisiti di durabilità poiché caratterizzato da un rapporto a/c più elevato.

Di seguito si ricordano le limitazioni sul rapporto a/c e sul quantitativo di cemento della norma UNI 9858 per le classi di esposizioni d'interesse individuate per i manufatti in esame:

Tabella Ib

| TIPO DI CLS | Classe di esposizione | Tipo di cemento   | Contenuto minimo di cemento | Massimo rapporto a/c | CLASSI $R_{ck}$ (minima) |
|-------------|-----------------------|---|-----------------------------|----------------------|--------------------------|
| I           | 3+5a                  | Pozzolánico, Portland o d'Altoforno (325, 425) o anche Portland 525 | 300 kg/m <sup>3</sup>       | 0.36                 | 55 MPa                   |
| II          | 3+5a                  | Pozzolánico, o d'Altoforno (325 o 425)                              | 300 kg/m <sup>3</sup>       | 0.40                 | 45 MPa                   |
| III         | 3+5a                  | Pozzolánico, o d'Altoforno (325 o 425)                              | 300 kg/m <sup>3</sup>       | 0.50                 | 40 MPa                   |
| IV          | 3+5a                  | Pozzolánico, o d'Altoforno (325)                                    | 300 kg/m <sup>3</sup>       | 0.50                 | 35 MPa                   |
| V           | 2a+5a                 | Pozzolánico, o d'Altoforno (325)                                    | 280 kg/m <sup>3</sup>       | 0.55                 | 30 MPa                   |
| VI          | 2a+5a                 | Pozzolánico, o d'Altoforno (325)                                    | 280 kg/m <sup>3</sup>       | 0.55                 | 25 MPa                   |

I valori indicati nella tabella saranno intesi come limiti per il confezionamento di cls durabili ai sensi della UNI9858. Valori più restrittivi eventualmente indicati negli elaborati progettuali sostituiranno i valori della presente tabella per l'opera indicata dagli elaborati stessi.

Per tutti i cls saranno impiegati aggregati resistenti al gelo, nonché sarà richiesto il requisito di impermeabilità degli stessi secondo UNI9858.

I cementi Pozzolánicos e d'Altoforno prescritti si caratterizzano per una maggior stabilità chimica (resistenza ai solfati, ai cloruri e alla CO<sub>2</sub> presente nelle acque), e per un più basso valore del calore d'idratazione attribuibile alla classe di resistenza 32.5 che, come è noto, offre maggiori garanzie se è necessario ottenere un calcestruzzo indurito esente anche da fessurazioni capillari.

La minima classe di esposizione da garantire per le opere a diretto contatto con il terreno e con la falda è la 2a+5a.

La durabilità del calcestruzzo si consegue, ancora, prevedendo un'opportuna lavorabilità per la posa in opera e la compattazione dei getti ed un'adeguata stagionatura.

La stagionatura infine, come trattato nel paragrafo dedicato, individua la durata minima per la protezione dei getti in relazione alle condizioni termoigrometriche dell'ambiente al momento del getto ed allo sviluppo della resistenza del calcestruzzo.

#### **4.4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI I CONGLOMERATI CEMENTIZI**

##### **4.4.1. Cemento**

Nella confezione dei conglomerati sono ammessi:

cemento pozzolanico;

cemento d'altoforno con contenuto di loppa non inferiore al 36%, che la Cementeria dovrà garantire specificando il metodo di misura;

cemento Portland, solo per le strutture prefabbricate per c.a.p.

Per le altre strutture è altresì ammesso l'uso del cemento Portland, a condizione che siano rispettati i seguenti limiti: il tenore di alluminato tricalcico (C3A) sia inferiore a 8%; il rapporto a/c sia inferiore di 0.05 di quanto prescritto per gli altri cementi; la resistenza sia superiore di 5.00 MPa rispetto a quanto previsto per i cls confezionati con gli altri cementi in conformità alle prescrizioni inerenti la durabilità di cui al paragrafo precedente.

L'Appaltatore dovrà approvvigionare il cemento presso cementerie che diano garanzie di bontà, costanza del tipo, continuità di fornitura.

La qualità del cemento dovrà essere garantita e controllata dall'istituto ICITE CNR e dal relativo marchio.

A cura ed a spese dell'Appaltatore, sotto il controllo della Direzione Lavori, dovranno essere verificate presso un Laboratorio Ufficiale le resistenze meccaniche ed i requisiti chimici e fisici del cemento secondo le Norme di cui alla Legge 26/5/1965 n. 595 D.M. 3/6/1968 e D.M. 13/9/1993 (per cementi sfusi prelievo di un campione ogni 250 t o frazione).

Copia di tutti i certificati di prova sarà custodita dalla Direzione Lavori e dall'Appaltatore.

È facoltà della Direzione Lavori richiedere la ripetizione delle prove su una stessa partita qualora sorgesse il dubbio di un degradamento delle caratteristiche del cemento, dovuto ad una causa qualsiasi.

È vietato l'uso di cementi diversi per l'esecuzione di ogni singola opera o elemento costruttivo; ciascun silo del cantiere o della centrale di betonaggio sarà destinato a contenere cemento di un unico tipo, unica classe ed unica provenienza, ed a tale scopo chiaramente identificato.

##### **4.4.2. Inerti**

Gli inerti impiegati per il confezionamento del conglomerato cementizio potranno provenire da vagliatura e trattamento dei materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava e dovranno avere caratteristiche conformi a quelle previste per la Classe A nella Norma UNI 8520 parte 2<sup>a</sup>.

Dovranno essere costituiti da elementi non gelivi privi di parti friabili e polverulente o scistose, argilla e sostanze organiche.

Non dovranno contenere i minerali dannosi:

\*5 pirite;

\*6 marcasite;

\*7 pirrotina;

\*8 gesso;

\*9 solfati solubili.

A cura dell'Appaltatore, sotto il controllo della D. L., dovrà essere accertata, mediante esame mineralogico (UNI 8520 parte 4) presso un laboratorio ufficiale, l'assenza dei minerali indesiderati e di forme di silice reattiva verso gli alcali del cemento (opale, calcedonio, tridimite, cristobalite, quarzo cristallino in stato di alterazione o tensione, selce, vetri vulcanici, ossidiane), per ciascuna delle cave di provenienza dei materiali.

Ove fosse presente silice reattiva si procederà all'esecuzione delle prove della Norma UNI 8520 parte 22, punto 3, con la successione e l'interpretazione ivi descritte.

Copia della relativa documentazione dovrà essere custodita dalla D. L. e dall'Appaltatore.

In assenza di tali certificazioni il materiale non potrà essere posto in opera, e dovrà essere allontanato e sostituito con materiale idoneo.

Nella Tabella 2, sono riepilogate le principali prove cui devono essere sottoposti gli inerti.

Tali esami, dovranno essere effettuati prima dell'autorizzazione all'impiego, per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo di cava, ogni 8000 m<sup>3</sup> di materiali impiegati e comunque almeno una volta all'anno, nonché ogni volta la Direzione Lavori lo riterrà necessario, salvo per quanto riguarda il contenuto di solfati e di cloruri che dovrà essere effettuato giornalmente.

Per quanto riguarda il coefficiente di forma degli inerti e la granulometria si dovrà verificare che soddisfino alle indicazioni riportate nel predetto punto, ogni 1000 m<sup>3</sup> di materiale impiegato, nonché ogni volta che la D. L. lo riterrà necessario.

**Tabella 2**

| CARATTERISTICHE                           | PROVE   | NORME                            | TOLLERANZA DI ACCETTABILITÀ  |
|---|---|----------------------------------|--|
| Gelività degli aggregati                  | Gelività  | CNR 80<br>UNI 8520<br>(parte 20) | Perdita di massa ≤ 4% dopo 20 cicli  |
| Resistenza all'abrasione                  | Los Angeles   | CNR 34<br>UNI 8520<br>(parte 19) | Perdita di massa LA 30%  |
| Compattezza degli aggregati               | Degradabilità delle soluzioni solfatiche  | UNI 8520<br>(parte 10)           | Perdita di massa dopo 5 cicli ≤ 10%  |
| Presenza di gesso e solfati solubili      | Analisi chimica degli inerti  | UNI 8520<br>(parte 11)           | SO <sub>3</sub> ≤ 0,05%  |
| Presenza di argille                       | Equivalente in sabbia   | UNI 8520<br>(parte 15)           | ES ≥ 80<br>VB ≤ 0,6 cm <sup>3</sup> /gr di fini  |
| Presenza di pirite, marcasite e pirrotina | Analisi petrografica  | UNI 8520<br>(parte 4)            | Assenti  |
| Presenza di sostanze organiche            | Determinazione colorimetrica  | UNI 8520<br>(parte 14)           | Per aggregato fine:<br>colore della soluzione più chiaro dello standard di riferimento |
| Presenza di forme di silice reattiva      | Potenziale reattività dell'aggregato:<br>• metodo chimico<br>Potenziale attività delle miscele cemento aggregati:<br>• metodo del prisma di malta   | UNI 8520<br>(parte 22)           | • UNI 8520 (parte 22 punto 4)<br><br>• UNI 8520 (parte 22 punto 5)                     |
| Presenza di cloruri solubili              | Analisi chimica   | UNI 8520<br>(parte 12)           | Cl ≤ 0,05%   |
| Coefficiente di forma e di appiattimento  | Determinazione dei coefficienti di forma e di appiattimento   | UNI 8520<br>(parte 18)           | Cf ≥ 0,15 (D <sub>max.</sub> = 32 mm)<br>Cf ≥ 0,12 (D <sub>max.</sub> = 64 mm)         |
| Frequenza delle prove                     | La frequenza sarà definita dal progettista e/o prescritta dalla D.L. Comunque dovranno essere eseguite prove: prima dell'autorizzazione all'impiego; per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo di cava; ogni 5000 mc di aggregati impiegati, con un minimo di 2 prove. |                                  |  |

Saranno rifiutati pietrischetti, pietrischi e graniglie aventi un coefficiente di forma, determinato secondo UNI 8520 parte 18, minore di 0,15 (per un diametro massimo D max. fino a 32 mm) e minore di 0,12 (per un diametro massimo D max. fino a 64 mm).

La curva granulometrica dovrà essere tale da ottenere il massimo peso specifico del conglomerato cementizio a parità di dosaggio di cemento e di lavorabilità dell'impasto e dovrà consentire di ottenere i requisiti voluti sia nell'impasto fresco (consistenza, omogeneità, lavorabilità, aria inglobata, ecc.) che nell'impasto indurito (resistenza, permeabilità, modulo elastico, ritiro, viscosità, durabilità, ecc.).

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla granulometria della sabbia al fine di ridurre al minimo il fenomeno dell'essudazione (bleeding) nel conglomerato cementizio.

Gli inerti dovranno essere suddivisi in almeno tre pezzature, la più fine non dovrà contenere più del 15% di materiale trattenuto al vaglio a maglia quadrata da 5 mm di lato.

Le singole pezzature non dovranno contenere frazioni granulometriche appartenenti alle pezzature inferiori, in misura superiore al 15% e frazioni granulometriche, appartenenti alle pezzature superiori, in misura superiore al 10% della pezzatura stessa.

La dimensione massima (D max.) dell'aggregato deve essere tale da permettere che il conglomerato possa riempire ogni parte del manufatto; dovrà pertanto risultare:

minore di 0,25 volte la dimensione minima delle strutture;

minore della spaziatura minima tra le barre di armatura, diminuita di 5 mm;

minore dello spessore del copri ferro .

#### **4.4.3. Acqua di impasto**

L'acqua di impasto dovrà soddisfare ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate con DM 14/01/2008 in applicazione dell'Art. 21 della Legge 1086 del 5/11/1971.

L'acqua proverrà da fonti ben definite che diano acqua rispondente alle caratteristiche specificate di seguito.

Sono ammesse come acqua di impasto per i conglomerati cementizi l'acqua potabile e le acque naturali rispondenti ai requisiti di seguito riportati.

Sono escluse le acque provenienti da scarichi (industriali ecc.).

L'acqua di impasto dovrà avere un contenuto in sali disciolti inferiore a 1 g per litro.

In merito al contenuto di ione cloruro nell'acqua per i manufatti in cemento armato normale o precompresso, si dovrà tenere conto dei limiti previsti dalla Norma UNI 8981 parte 5 per il contenuto totale di tale ione.

La quantità di materiale inorganico in sospensione dovrà essere inferiore a 2 g/l; la quantità di sostanze organiche (COD) inferiore a 0,1 g/l.

L'acqua dovrà essere aggiunta nella quantità prescritta in relazione al tipo di conglomerato cementizio, tenendo conto dell'acqua contenuta negli aggregati, (si faccia riferimento alla condizione "satura a superficie asciutta" della Norma UNI 8520 parte 5).

#### **4.4.4. Additivi e disarmanti**

L'Appaltatore dovrà impiegare additivi garantiti dai produttori per qualità e costanza di effetto e di concentrazione; le loro caratteristiche dovranno essere verificate preliminarmente in sede di qualifica di conglomerati cementizi.

Gli additivi dovranno rispondere alle Norme UNI 7101, 7102, 7103, 7104, 7105, 7106, 7107, 7108, 7109, 7120 e 8145.

Nel caso di uso contemporaneo di più additivi l'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori la prova della loro compatibilità.

#### **4.4.5. Additivi fluidificanti, superfluidificanti e iper fluidificanti**

Allo scopo di realizzare conglomerati cementizi impermeabili e durevoli a basso rapporto a/c ed elevata lavorabilità si farà costantemente uso di additivi superfluidificanti di nuova generazione a rilascio progressivo al fine di realizzare calcestruzzi reoplastici preconfezionati ad elevato mantenimento della lavorabilità.

Nel caso si verifichi una perdita di lavorabilità sono ammesse riaggiunte di additivi superfluidificanti dello stesso tipo già inserito precedentemente nell'impasto con un quantitativo massimo di 300cc per ogni 100 kg di cemento

Nel caso che la lavorabilità prevista non venga ottenuta dopo la riaggiunta di additivi a piè d'opera il calcestruzzo verrà scartato.

La classe di consistenza dovrà essere sempre garantita al momento della posa.

In caso di particolari condizioni ambientali e dei tempi di trasporto e lavorazione, potranno essere impiegati ulteriori additivi aeranti, fluidificante - ritardante e accelerante.

Non dovranno essere impiegati additivi a base di cloruri o contenenti cloruri di calcio.



Il loro dosaggio dovrà essere definito in fase di qualifica dei conglomerati cementizi sulla base delle indicazioni del fornitore e comunque esso non dovrà superare il 2 % in peso rispetto al cemento.

#### **4.4.6. Additivi ritardanti e acceleranti**

Gli additivi ritardanti riducono la velocità iniziale delle reazioni tra il legante e l'acqua aumentando il tempo necessario ai conglomerati cementizi per passare dallo stato plastico a quello rigido, senza influenzare lo sviluppo successivo delle resistenze meccaniche.

Gli additivi acceleranti aumentano la velocità delle reazioni tra il legante e l'acqua e conseguentemente lo sviluppo delle resistenze dei conglomerati cementizi senza pregiudicare la resistenza finale degli impasti.

I tipi ed i dosaggi impiegati dovranno essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

#### **4.4.7. Additivi antigelo**

Gli additivi antigelo abbassano il punto di congelamento dell'acqua d'impasto ed accelerano alle basse temperature i processi di presa e indurimento dei conglomerati cementizi.

Dovranno essere impiegati soltanto su disposizione della Direzione Lavori, che dovrà approvarne preventivamente tipo e dosaggio.

La percentuale di aria inglobata varierà in funzione del diametro massimo, vedi tabella seguente, degli inerti e sarà misurata secondo la UNI6395 sul cls fresco all'atto della posa in opera con tolleranza di  $\pm 1\%$ .

| <b>D max. aggregati</b> | <b>% aria occlusa</b> |
|-------------------------|-----------------------|
| <b>10</b>               | <b>7</b>              |
| <b>12.5</b>             | <b>6.5</b>            |
| <b>20</b>               | <b>6</b>              |
| <b>25</b>               | <b>5</b>              |
| <b>40</b>               | <b>4.5</b>            |
| <b>50</b>               | <b>4</b>              |
| <b>75</b>               | <b>3.5</b>            |

In sede di posa in opera saranno adottati gli opportuni accorgimenti affinché non si abbia una riduzione del tenore d'aria al di sotto dei limiti di tabella.

Gli additivi aeranti saranno conformi a quanto indicato nella norma ASTM C260 e dovranno essere aggiunti al conglomerato cementizio nella betoniera in soluzione con l'acqua di impasto con un sistema tale da garantire una tolleranza pari al 5% e che ne assicuri la omogenea dispersione nell'impasto.

Su richiesta della Direzione Lavori l'Appaltatore dovrà fornire prove di Laboratorio Ufficiale che dimostrino la conformità del prodotto alle vigenti norme UNI.

#### **4.4.8. Silice ad alta superficie specifica (Silicafume)**

Quando previsto in progetto o prescritto dalla Direzione Lavori, potranno essere impiegati additivi in polvere costituiti da silice amorfa ad elevatissima superficie specifica (silicafume), o da superfluidificanti posti su un supporto costituito dalla silice amorfa di cui sopra.

Ciò per ottenere conglomerati cementizi ad elevata lavorabilità, resistenza e durabilità, in particolare in presenza di gelo e disgelo e di sali disgelanti.

La quantità di silicafume aggiunta all'impasto, dell'ordine del 5÷10% sul peso del cemento più aggiunte, dovrà essere definita d'intesa con il Progettista e la Direzione Lavori in sede di qualifica preliminare del conglomerato cementizio, previa verifica mediante immersione di provini in soluzione al 30% di CaCl<sub>2</sub> a 278 K per venti giorni senza che sui provini stessi si manifesti formazione di fessure o scaglie. La silice amorfa ad elevatissima superficie specifica si divide in due classi di prodotti, dette Classe A e Classe B così come previsto dalla norma NFP 18-502.

Le caratteristiche tecniche previste per le due classi di riferimento dovranno essere le seguenti:

| Parametro                            | Classe                  |                         |
|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                      | A                       | B                       |
| SiO <sub>2</sub>                     | > 85%                   | 70÷85%                  |
| CaO                                  | <1,2%                   | <2,0%                   |
| SO <sub>3</sub>                      | <2,5%                   | <2,5%                   |
| Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O | <4,0%                   | ,0%<                    |
| Cl                                   | <0,2%                   | <0,2%                   |
| Area specifica                       | 20÷35 m <sup>2</sup> /g | 10÷20 m <sup>2</sup> /g |
| B. E. T:                             |                         |                         |
| Massa volumica assoluta              | 2,1÷2,3 kg/l            | 2,1÷2,4 kg/l            |

La silicafume di classe B potrà essere utilizzata per i conglomerati cementizi proiettati all'aperto; la silicafume di classe A dovrà essere utilizzata per tutti i conglomerati cementizi, compresi quelli proiettati in sotterraneo.

Al fine di ottenere una corretta progettazione del mix design del conglomerato cementizio, ove previsto l'impiego del silicafume, il rapporto fra la stessa ed il cemento sarà di 1/1, per la distribuzione delle parti fini e la definizione del rapporto a/c (per l'ottenimento delle resistenze inferiori a 7 giorni la silice non dovrà essere presa in considerazione).

#### 4.5. QUALIFICA PRELIMINARE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

L'Appaltatore è tenuto all'osservanza della Legge 5/11/1971 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica,, nonché delle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della predetta legge (D.M. del 14/01/2008 e successivi aggiornamenti).

Lo studio, per ogni tipo di conglomerato cementizio, dovrà essere fornito almeno 30 giorni prima dell'inizio dei getti. Tale studio, da eseguire presso un Laboratorio Ufficiale a cura ed onere dell'Appaltatore, dovrà comprovare la conformità del conglomerato cementizio e dei singoli componenti.

In particolare, nella relazione di qualificazione dovrà essere fatto esplicito riferimento a:

\*10 resistenza caratteristica a compressione Rck;

\*11 rapporto a/c;

\*12 peso di volume;

\*13 tipo e dosaggio degli additivi;

- classe di esposizione e durabilità delle opere (UNI9858 e UNI8981);
- lavorabilità (abbassamento al cono di ABRAMS UNI 9418/89);
- diametro massimo dell'aggregato (UNI 8520);
- tipo e dosaggio di cemento;
- resistenza a trazione per flessione secondo UNI 6133/83;
- resistenza a compressione sui monconi dei provini rotti per flessione (UNI 6134 );
- resistenza a trazione indiretta (UNI 6135);
- modulo elastico secante a compressione (UNI 6556);
- contenuto d'aria del conglomerato cementizio fresco (UNI 6395);
- ritiro idraulico (UNI 6555);
- resistenza ai cicli di gelo-disgelo (UNI 7087);
- impermeabilità (UNI 7699 - ISO DIS 7032 - DIN 1048);
- accorgimenti da adottare in caso di lavorazioni da eseguirsi in presenza di temperature rigide (al di sotto di 278 K);

\*14 descrizione del ciclo termico e descrizione dell'impianto che si intenderà utilizzare in caso di maturazione accelerata a vapore;

\*15 evoluzione della resistenza nel tempo in funzione del procedimento di maturazione impiegato.

Inoltre, si dovrà sottoporre all'esame della Direzione Lavori:

a) i campioni dei materiali che si intende impiegare, indicando provenienza, tipo e qualità dei medesimi;

b) la caratterizzazione granulometrica degli aggregati;

c) la caratteristica dell'impianto di confezionamento ed i sistemi di trasporto, di getto e di maturazione;

d) i risultati delle prove preliminari di resistenza meccanica sui cubetti di conglomerato cementizio da eseguire con le modalità più avanti descritte;

e) lo studio dei conglomerati cementizi ai fini della durabilità, eseguito secondo quanto precisato in precedenza sulla base delle classi di esposizione individuate per le singole opere o parti di esse.

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti di conglomerato cementizio solo dopo aver esaminato ed approvato la documentazione per la qualifica dei materiali e degli impasti di conglomerato cementizio e dopo aver effettuato, in contraddittorio con l'Impresa, impasti di prova del calcestruzzo per la verifica dei requisiti di cui alla tabella 1.

Le miscele verranno autorizzate qualora la resistenza a compressione caratteristica per ciascun tipo di conglomerato cementizio, misurata a 28 giorni sui provini prelevati dagli impasti di prova all'impianto di confezionamento, non si discosti di  $\pm 10\%$  dalla resistenza indicata nella relazione di qualificazione.

I laboratori, il numero dei campioni e le modalità di prova saranno quelli indicati dalla Direzione Lavori.

L'esame e la verifica, da parte della D. L. dei certificati dello studio preliminare, non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità ad essa derivanti per legge e per contratto, restando stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla D. L., l'Appaltatore rimane l'unica e diretta responsabile delle opere a termine di legge.

Caratteristiche dei materiali e composizione degli impasti, definite in sede di qualifica, non possono essere modificati in corso d'opera.

Qualora eccezionalmente, si prevedesse una variazione dei materiali, la procedura di qualifica dovrà essere ripetuta.

Qualora l'Appaltatore impieghi conglomerato cementizio confezionato pronto all'uso, per il quale si richiama la Norma UNI 9858/91, le prescrizioni sulla qualificazione dei materiali, la composizione degli impasti e le modalità di prova, dovranno essere comunque rispettate.

Si puntualizza che per la realizzazione delle opere in conglomerato cementizio dovrà essere impiegato esclusivamente "conglomerato cementizio a prestazione garantita" secondo la Norma UNI 9858.

In nessun caso verrà ammesso l'impiego di "conglomerato cementizio a composizione richiesta" secondo la stessa Norma.

#### **4.5.1. Prove in fase di qualifica dei conglomerati cementizi**

La Direzione Lavori potrà fare eseguire prove sui provini confezionati in fase di qualifica dei cls finalizzate a valutare la durabilità.

Le prove potranno essere:

\*16 prove di resistenza al gelo;

\*17 prove di permeabilità all'aria;

\*18 prove di assorbimento d'acqua;

\*19 prove di scagliamento in presenza di cloruri;

\*20 prove di penetrabilità dei cloruri e solfati.

##### **4.5.1.1. Prova di resistenza al gelo**

La prova di resistenza al gelo verrà effettuata sottoponendo i campioni a cicli di gelo e disgelo secondo UNI7087. Le variazioni delle caratteristiche dei provini saranno contenute entro i limiti seguenti:

|                                     |                  |
|-------------------------------------|------------------|
| Riduzione del modulo di elasticità: | 20%              |
| Perdita di massa:                   | 2%               |
| Espansione lineare:                 | 0÷2%             |
| Coefficiente di permeabilità:       |                  |
| - prima dei cicli                   | $10^{-9}$ cm/sec |
| - dopo i cicli                      | $10^{-8}$ cm/sec |

#### 4.5.1.2. Prova del grado di permeabilità all'aria

Per la determinazione del grado di permeabilità all'aria del conglomerato cementizio verrà impiegato il metodo di Figg su richiesta della Direzione Lavori.

Il metodo di Figg è diretto a fornire elementi di giudizio sulla capacità del conglomerato cementizio a resistere agli attacchi chimico-fisici dell'ambiente.

La prova si basa sul fatto che la relazione esistente tra un gradiente di depressione, creato in un foro di un blocco di conglomerato cementizio ed il tempo necessario perché tale gradiente si annulli, è pressoché lineare.

Le apparecchiature impiegate consistono:

Trapano a bassa velocità dotato di sistema di bloccaggio della profondità, con punte da 10 e 12 mm di diametro; cilindri in gomma del diametro di 12 mm e altezza di 10 mm;

aghi ipodermici;

calibratore di pressione dotato di pompa manuale per il vuoto con le apposite tubazioni per la connessione del sistema agli aghi ipodermici;

silicone;

n° 2 cronometri.

#### Metodologia di prova

Per eseguire la prova occorre delimitare un'area triangolare avente i lati di 10 cm; in corrispondenza dei tre vertici dovranno essere realizzati, perpendicolarmente alla superficie del conglomerato cementizio, dei fori da 40 mm di profondità aventi diametro di 12 mm per i primi 20 mm e diametro di 10 mm per i restanti 20 mm.

Nella parte superiore del foro viene inserito un cilindro in gomma, di diametro uguale a quello del foro, opportunamente siliconato sulla superficie laterale per favorire l'adesione alle pareti del conglomerato cementizio e isolare completamente la parte inferiore del foro.

Quest'ultima viene raggiunta con un ago ipodermico, tramite il quale viene creata una depressione di poco superiore a 0,55 bar.

La prova consiste nel misurare il tempo occorrente per ottenere un incremento di pressione da -0,55 a -0,50 bar.

Per conglomerati cementizi poco permeabili ( $T > 3000$  s), vista la proporzionalità indiretta tra tempo e pressione, la suddetta determinazione può essere assunta pari a cinque volte il tempo parziale corrispondente alla variazione di pressione tra -0,55 e -0,54 bar.

Classificazione del conglomerato cementizio in base al valore di permeabilità all'aria espresso in secondi.

Nella tabella che segue è riportato, in funzione del tempo, il giudizio sulla qualità del conglomerato cementizio.

La categoria di appartenenza, in rapporto alla permeabilità all'aria, verrà stabilita sulla base di tre prove effettuate su una superficie di 1,00 m<sup>2</sup> e sarà assegnata quando l'80% delle determinazioni, ricadono in uno degli intervalli di tempo riportati in tabella.

| TEMPO     | GIUDIZIO    | CATEGORIA |
|-----------|-------------|-----------|
| < 30      | Scarso      | 0,00      |
| 30 – 100  | Sufficiente | 1,00      |
| 100 – 300 | Discreto    | 2,00      |

|            |            |      |
|------------|------------|------|
| 300 – 1000 | Buono      | 3,00 |
| > 1000     | Eccellente | 4,00 |

### **Resoconto di prova**

Dovrà comprendere:

data della prova;

caratteristiche fisiche dell'area analizzata;

provenienza e caratteristiche dell'impasto usato; tipo e granulometria degli aggregati; rapporto A/C; tipo e dosaggio del cemento; dosaggio e tipo di eventuali additivi; contenuto d'aria nel calcestruzzo fresco;

classe di permeabilità del conglomerato cementizio determinata sulla base dei risultati ottenuti, che dovranno essere tabellati e riportati su grafico;

ogni altra informazione utile.

#### **4.5.1.3. Prova di assorbimento d'acqua**

La prova di assorbimento d'acqua alla pressione atmosferica sarà eseguita secondo UNI7699.

#### **4.5.1.4. Prova di scagliatura in presenza di cloruri**

La prova sarà eseguita secondo la norma UNI vigente.

#### **4.5.1.5. Prova di penetrabilità dei cloruri e solfati**

La prova di penetrabilità dei cloruri sarà eseguita secondo le norma UNI7928.

La prova di penetrabilità dei solfati sarà eseguita secondo le norma UNI8019.

### **4.6. CONTROLLI IN CORSO D'OPERA**

La Direzione Lavori eseguirà controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite in sede di qualifica.

Per consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'Appaltatore dovrà disporre di uno o più laboratori attrezzati, per l'esecuzione delle prove previste, in cantiere e/o all'impianto di confezionamento, ad eccezione delle determinazioni chimiche che dovranno essere eseguite presso un Laboratorio Ufficiale.

Le prove potranno essere sul cls fresco o sul cls indurito, eseguite con le modalità descritte nel paragrafo dedicato ai controlli in fase di qualifica o secondo quanto descritto nei paragrafi successivi.

#### **4.6.1. Inerti**

Gli inerti oltre a soddisfare le prescrizioni precedentemente riportate dovranno appartenere a classi granulometricamente diverse e mescolati nelle percentuali richieste formando miscele granulometricamente costanti tali che l'impasto fresco ed indurito abbia i prescritti requisiti di resistenza, consistenza, aria inglobata, permeabilità e ritiro.

La curva granulometrica dovrà, in relazione al dosaggio di cemento, garantire la massima compattezza al conglomerato cementizio.

Il diametro massimo dell'inerte dovrà essere scelto in funzione delle dimensioni dei copri ferri ed interferri, delle caratteristiche geometriche delle casseforme, delle modalità di getto e del tipo di mezzi d'opera.

I controlli saranno quelli riportati in tabella 2 nel paragrafo precedente.

#### **4.6.2. Resistenza dei conglomerati cementizi**

Durante l'esecuzione delle opere cementizie per la determinazione delle resistenze a compressione dei conglomerati, per la preparazione e stagionatura dei provini, per la forma e dimensione degli stessi e relative casseforme, dovranno essere osservate le prescrizioni previste dalle Norme Tecniche del D.M. 14 Gennaio 2008.

Ad integrazione di tali norme, la Direzione Lavori ordinerà n. 3 (tre) prelievi costituiti ciascuno da n. 2 provini in modo da poter assoggettare uno dei prelievi a prove preliminari di accettazione presso il laboratorio di cantiere, o altro posto nelle vicinanze del cantiere stesso, resta inteso che il secondo prelievo andrà sottoposto a prove presso un Laboratorio ufficiale ed il terzo prelievo sarà utilizzato, all'occorrenza, nel caso si rendesse necessario eseguire altre prove.

Nel caso che il valore della resistenza caratteristica cubica ( $R_{ck}$ ) ottenuta sui provini assoggettati a prove nei laboratori di cantiere risulti essere inferiore a quello indicato nei calcoli statici e nei disegni di progetto, la D. L. potrà, a suo insindacabile giudizio, ordinare la sospensione dei getti dell'opera d'arte interessata in attesa dei risultati delle prove eseguite presso Laboratori Ufficiali.

Qualora anche dalle prove eseguite presso Laboratori ufficiali risultasse un valore della  $R_{ck}$  inferiore a quello indicato nei calcoli statici e nei disegni di progetto, ovvero una prescrizione del controllo di accettazione non fosse rispettata, occorre procedere, a cura e spese dell'Appaltatore, ad un controllo teorico e/o sperimentale della struttura interessata dal quantitativo di conglomerato non conforme sulla base della resistenza ridotta del conglomerato, ovvero ad una verifica delle caratteristiche del conglomerato messo in opera mediante prove complementari, o col prelievo di provini di calcestruzzo indurito messo in opera o con l'impiego di altri mezzi di indagine.

Tali controlli e verifiche formeranno oggetto di una relazione supplementare nella quale si dimostri che, ferme restando le ipotesi di vincoli e di carico delle strutture, la  $R_{ck}$  è ancora compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, secondo le prescrizioni delle vigenti norme di legge.

Se tale relazione sarà approvata dalla Direzione Lavori il calcestruzzo verrà contabilizzato in base al valore della resistenza caratteristica trovata.

Nel caso che la  $R_{ck}$  non risulti compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, l'Appaltatore sarà tenuto a sua cura e spese alla demolizione e rifacimento dell'opera oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori.

Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto all'Impresa se la  $R_{ck}$  risulterà maggiore a quella indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto.

Nel caso in cui la D. L. richieda il prelievo di campioni da strutture già realizzate e stagionate, questo prelievo da eseguire in contraddittorio, potrà avvenire sia asportando un blocco informe dal quale ricavare successivamente i provini di forma cubica, sia eseguendo carotaggi dai quali ricavare i provini di forma cubica, sia eseguendo carotaggi dai quali ricavare un numero adeguato di provini cilindrici mediante operazioni di taglio e verifica delle basi.

Sulle opere già eseguite potranno essere eseguite prove non distruttive, a mezzo di sclerometro od altre apparecchiature.

Con lo sclerometro le modalità di prova saranno le seguenti:

\*21 nell'intorno del punto prescelto dalla Direzione Lavori verrà fissata un'area non superiore a  $0,1 \text{ m}^2$ , su di esso si eseguiranno 10 percussioni con sclerometro, annotando i valori dell'indice letti volta per volta. Si determinerà la media aritmetica di tali valori.

\*22 Verranno scartati i valori che differiscono più di 15 centesimi dall'escursione totale della scala sclerometro.

\*23 Tra i valori non scartati, se non inferiori a 6, verrà dedotta la media aritmetica che, attraverso la tabella di taratura dello sclerometro, darà la resistenza a compressione del calcestruzzo.

\*24 Se il numero dei valori non scartati è inferiore a 6 la prova sarà ritenuta non valida e dovrà essere rieseguita in una zona vicina.

\*25 Di norma per ciascun tipo di sclerometro verrà adottata la tabella di taratura fornita dalla relativa casa costruttrice. La D. L. si riserva di effettuare in contraddittorio la taratura dello sclerometro direttamente sui provini che successivamente verranno sottoposti a prova distruttiva di rottura a compressione.

Per l'interpretazione dei risultati è buona norma procedere anche a prove di confronto su strutture le cui prove di controllo abbiano dato risultati certi.

Nella eventualità di risultati dubbi, si dovrà procedere al controllo diretto della resistenza a rottura per compressione mediante prove distruttive su provini prelevati direttamente in punti opportuni delle strutture, secondo le metodologie precedentemente richiamate.

*La stima delle caratteristiche meccaniche sui provini cubici e/o cilindrici ricavati dal carotaggio della struttura potrà essere effettuata adottando la metodologia di seguito descritta.*

L'affidabilità della stima della resistenza caratteristica del conglomerato cementizio si dovrà basare sul numero di provini  $n$  il cui diametro, di norma non inferiore a 100 mm, dovrà essere compreso tra 2,5 e 5 volte il diametro massimo dell'aggregato impiegato.

Il rapporto tra altezza e diametro del provino cilindrico tra il valore  $s = 1,0$  e  $s = 1,2$ .

Nel caso di provini cubici si assume  $s = 1,0$ .

Per ogni lotto di conglomerato di  $100 \text{ m}^3$  di conglomerato cementizio indagato o frazione,  $n$  dovrà essere non inferiore a 4 (quattro).

Al fine di riportare la resistenza misurata sul provino prelevato dalla struttura a quella del corrispondente provino cubico prelevato durante il getto, si dovranno adottare le seguenti relazioni valide rispettivamente per carotaggi eseguiti perpendicolarmente e parallelamente alla direzione di getto:

$$R_i = 2.5 \cdot \left( \frac{1.5 + 1/s}{1.5} \right)$$

$$R_i = 2.3 \cdot \left( \frac{1.5 + 1/s}{1.5} \right)$$

Dove  $R_i$  è la resistenza a compressione misurata sul singolo provino cilindrico o cubico a compressione semplice previste dalla Norma UNI 6132.

**Poiché l'attendibilità dei risultati, al 95% dell'intervallo di confidenza, è stimata pari a:**

$$\pm 12\% / (n)^{1/2}$$

la valutazione della resistenza stimata del lotto di conglomerato cementizio indagato risulta:

$$F_{stim} = \left( 1 - (12\% / (n)^{1/2}) \right) \cdot \Omega \cdot R_i / n$$

dove:

\*26  $F_{stim}$  = resistenza stimata del lotto di conglomerato cementizio;

\*27  $n$  = numero dei provini relativi al lotto di conglomerato cementizio indagato;

\*28  $R_i$  = resistenza cubica del singolo provino prelevato.

Tale resistenza dovrà essere incrementata di un coefficiente  $b$ , assunto pari a 1,20, per tenere in considerazione eventuali disturbi arrecati dal carotaggio, differenti condizioni di costipazione, maturazione, conservazione tra il conglomerato cementizio gettato in opera e quello dei provini cubici prelevati per determinare la resistenza caratteristica  $R_{ck}$ .

Pertanto, se :

$$(F_{stim} \cdot b) - 3,5 \text{ N/mm}^2 > R_{ck}$$

la resistenza caratteristica del lotto di conglomerato cementizio posto in opera è conforme a quella prevista in progetto;

ovvero, se:

$$(F_{stim} \cdot b) - 3,5 \text{ N/mm}^2 < R_{ck}$$

la resistenza caratteristica del lotto di conglomerato cementizio posto in opera non è conforme a quella prevista nel progetto ed in tal caso la D. L., sentito il progettista, al fine di accettare si riserva di adottare più accurate determinazioni e verifiche che saranno a totale carico dell'Impresa.

Le prove di compressione sulle carote o cubi dovranno essere eseguite esclusivamente presso Laboratori Ufficiali.

I dati riscontrati dovranno essere registrati con data, ora e punti di prelievo, comprensivi delle note di commento a cura della D. L..

#### 4.6.3. Controllo della lavorabilità

La prova di consistenza si eseguirà misurando l'abbassamento al cono di Abrams (slump), come disposto dalla Norma UNI 9418/89. Detta prova sarà effettuata ad ogni autobetoniera, nei pressi del getto, dal personale del laboratorio dell'Impresa o dal personale dei laboratori di fiducia della Direzione Lavori. Quando la consistenza prevista progettualmente è definita come S1, S2, S3, S4 e S5, l'effettivo abbassamento in centimetri a cui fare riferimento per la valutazione della prova sarà quello riportato nello studio progettuale. Ad ogni controllo verrà redatto un apposito rapporto di prova strutturato secondo le indicazioni della Direzione Lavori. Qualora l'abbassamento, con tolleranza di  $\pm 1 \text{ cm}$ , non fosse quello progettualmente previsto l'autobetoniera sarà

allontanata dal cantiere; sarà premura della Direzione Lavori accertare che il conglomerato in essa contenuto non sia oggetto di eventuali manipolazioni, ma bensì sia definitivamente scartato in quanto non idoneo.

Tale prova sarà considerata significativa per abbassamenti compresi fra 2 e 23 cm.

Per abbassamenti inferiori a 2 cm si dovrà eseguire la prova con la tavola a scosse secondo la norma UNI 8020/89 o con l'apparecchio VEBE secondo la Norma UNI 9419/89.

#### **4.6.4. Controllo del rapporto acqua/cemento**

Il rapporto acqua/cemento dovrà essere valutato tenendo conto dell'acqua contenuta negli inerti che di quella assorbita dagli stessi (Norma UNI 8520 parte 13 e 16, condizione di inerte "saturo a superficie asciutta", per la quale l'aggregato non cede e non assorbe acqua all'impasto).

Il suddetto rapporto, dovrà essere controllato secondo le indicazioni riportate nella Norma UNI 6393 (par. 5 e 6), e non dovrà discostarsi di  $\pm 0.02$  da quello verificato in fase di qualificazione della relativa miscela.

Il rapporto a/c dovrà essere controllato in cantiere almeno una volta al giorno, tale rapporto non dovrà scostarsi più del  $\pm 0.02$  da quello verificato in fase di qualificazione della relativa miscela.

#### **4.6.5. Controllo dell'omogeneità del conglomerato cementizio**

L'omogeneità del conglomerato cementizio all'atto del getto, dovrà essere verificata vagliando ad umido due campioni, prelevati a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera, attraverso il vaglio a maglia quadrata da 4 mm.

La percentuale in peso del materiale trattenuto nel vaglio dei due campioni non dovrà differire più del 10%, inoltre lo slump degli stessi prima della vagliatura non dovrà differire di più di 30 mm.

Tale controllo sarà eseguito periodicamente in corso d'opera.

#### **4.6.6. Controllo del contenuto di aria**

La prova del contenuto di aria dovrà essere effettuata ogni qualvolta si impieghi un additivo aerante.

Essa verrà eseguita con il metodo UNI 6395 – 72.

Tale contenuto dovrà essere determinato con le cadenze previste al punto 11.3.10 della Norma UNI 9858.

#### **4.6.7. Controllo del contenuto, del tipo e della classe di cemento**

Il controllo del contenuto di cemento dovrà essere eseguito su conglomerato cementizio fresco, secondo quanto stabilito dalle Norme UNI 6126 – 72 e 6394 – 69.

Particolare attenzione dovrà essere posta nella scelta del luogo di esecuzione, in quanto tale prova deve essere eseguita su conglomerato cementizio fresco, entro 30 minuti dall'impasto.

Il controllo sul tipo e classe di cemento sarà eseguito mediante analisi chimica effettuata presso Laboratori Ufficiali di campioni prelevati in corso d'opera o direttamente presso le centrali di betonaggio.

Tali controlli saranno eseguiti periodicamente in corso d'opera.

#### **4.6.8. Controllo della Rck**

Potrà essere richiesto il controllo della Rck per diverse epoche di maturazione su campioni appositamente prelevati durante le operazioni di posa in opera.

#### **4.6.9. Controllo della peso di volume**

Potrà essere richiesto il controllo del peso di volume sia per i cls ordinari sia per i cls alleggeriti.

### **4.7. TECNOLOGIA ESECUTIVA DELLE OPERE**

#### **4.7.1. Confezione dei conglomerati cementizi**

La confezione dei conglomerati cementizi dovrà essere eseguita con gli impianti preventivamente sottoposti all'esame della Direzione Lavori.

Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico o semiautomatico, con dosatura a peso degli aggregati, dell'acqua, degli additivi e del cemento; la dosatura del cemento dovrà sempre essere realizzata con bilancia



indipendente e di adeguato maggior grado di precisione, dovrà essere controllato il contenuto di umidità degli aggregati.

La dosatura effettiva degli aggregati dovrà essere realizzata con precisione del 3%; quella del cemento con precisione del 2%.

Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi e tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta all'anno.

Per l'acqua e gli additivi è ammessa anche la dosatura a volume.

La dosatura effettiva dell'acqua dovrà essere realizzata con precisione del 2% ed i relativi dispositivi dovranno essere tarati almeno una volta al mese o comunque quando richiesto dalla Direzione Lavori.

Il dispositivo di misura del cemento, dell'acqua e degli additivi dovranno essere del tipo individuale.

Le bilance per la pesatura degli inerti possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale).

Si dovrà disporre all'impianto, nel caso di guasto dell'apparecchiatura automatica di carico dei componenti, di tabelle riportanti le pesate cumulative dei componenti per tutte le miscele approvate e per le diverse quantità miscelate in funzione della variazione di umidità della sabbia.

Gli inerti dovranno essere tassativamente ed accuratamente lavati in modo tale da eliminare materiali dannosi o polveri aderenti alla superficie.

La percentuale di umidità nelle sabbie non dovrà, di massima, superare l'8% in peso di materiale secco.

Gli inerti dovranno essere stoccati in quantità sufficiente a completare qualsiasi struttura che debba essere gettata senza interruzioni.

Il luogo di deposito dovrà essere di dimensioni adeguate e consentire lo stoccaggio senza segregazione delle diverse pezzature che dovranno essere separate da appositi setti.

Gli aggregati verranno prelevati in modo tale da garantire la rotazione continua dei volumi stoccati.

I silos del cemento debbono garantire la perfetta tenuta nei riguardi dell'umidità atmosferica.

Gli impasti dovranno essere confezionati in betoniere aventi capacità tale da contenere tutti gli ingredienti della pesata senza debordare.

Il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere tali da produrre un conglomerato rispondente ai requisiti di omogeneità di cui al punto 8.6.5.

Per quanto non specificato, vale la Norma UNI 7163 – 79.

L'impasto dovrà risultare di consistenza uniforme ed omogeneo, uniformemente coesivo (tale cioè da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi la separazione dei singoli elementi); lavorabile (in maniera che non rimangano vuoti nella massa o sulla superficie dei manufatti dopo eseguita la vibrazione in opera).

Se al momento della posa in opera la consistenza del conglomerato cementizio non è quella prescritta, lo stesso non dovrà essere impiegato per l'opera ma scaricato in luogo appositamente destinato dall'Appaltatore.

Tuttavia se la consistenza è minore di quella prescritta (minore slump) e il conglomerato cementizio è ancora nell'autobetoniera, la consistenza può essere portata fino al valore prescritto mediante aggiunta di additivi fluidificanti e l'aggiunta verrà registrata sulla bolla di consegna.

La lavorabilità non potrà essere ottenuta con maggiore impiego di acqua di quanto previsto nella composizione del conglomerato cementizio.

L'impiego di fluidificanti, aeranti, plastificanti, potrà essere autorizzato dalla D. L., anche se non previsti negli studi preliminari.

In questi casi, l'uso di aeranti e plastificanti sarà effettuato a cura e spese dell'Appaltatore, senza che questa abbia diritto a pretendere indennizzi o sovrapprezzi per tale titolo.

La produzione ed il getto del conglomerato cementizio dovranno essere sospesi nel caso che la temperatura possa scendere al di sotto di 278 K (5 °C), se l'impianto di betonaggio non è dotato di un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti o dell'acqua tale da garantire che la temperatura dell'impasto, al momento del getto sia superiore a 287 K (14 °C).

I getti all'esterno dovranno comunque essere sospesi quando la temperatura scende al di sotto di 263 K (-10 °C).

Nel luogo di produzione ed in cantiere dovranno essere installati termometri atti a misurare la minima e la massima temperatura atmosferica giornaliera.

#### **4.7.2. Trasporto**

Il trasporto dei conglomerati cementizi dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del conglomerato cementizio medesimo.

Saranno accettate in funzione della durata e della distanza di trasporto, le autobetoniere e le benne a scarico di fondo ed, eccezionalmente, i nastri trasportatori.

Lo scarico dei componenti nel tamburo delle autobetoniere dovrà avvenire in modo che una parte dell'acqua e di aggregato grosso venga scaricata prima del cemento e degli altri aggregati.

Le betoniere dovranno essere esaminate periodicamente per verificare l'eventuale diminuzione di efficacia dovuta sia all'accumulo di conglomerato indurito o legante che per l'usura delle lame.

Ogni carico di conglomerato cementizio dovrà essere accompagnato da una bolla sulla quale dovranno essere riportati:

- \*29 data;
- \*30 tipo e classe di conglomerato;
- \*31 tipo, classe e dosaggio di cemento;
- \*32 dimensione massima dell'aggregato;
- \*33 la classe di consistenza;
- \*34 i metri cubi trasportati;
- \*35 l'ora di partenza dall'impianto di confezionamento;
- \*36 la struttura a cui è destinato.

L'Appaltatore dovrà esibire detta documentazione alla D. L..

L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'Appaltatore adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio alla bocca di uscita della pompa.

Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli.

L'omogeneità dell'impasto sarà controllata, all'atto dello scarico, con la prova indicata al paragrafo precedente della presente sezione.

La lavorabilità dell'impasto sarà controllata, secondo quanto indicato al paragrafo precedente, sia all'uscita dell'impianto di betonaggio o dalla bocca della betoniera, sia al termine dello scarico in opera, la differenza fra i risultati delle due prove non dovrà essere maggiore di 5 cm e comunque non dovrà superare quanto specificato dalla Norma UNI 7163 – 79, salvo l'uso di particolari additivi.

Se il conglomerato cementizio viene pompato, il valore dello "slump" dovrà essere misurato prima dell'immissione nella pompa.

In ogni caso il tempo intercorrente tra il confezionamento all'impianto ed il getto non dovrà essere superiore ai 90 minuti.

È facoltà della Direzione Lavori di rifiutare carichi di conglomerato cementizio non rispondenti ai requisiti prescritti.

#### **4.7.3. Posa in opera**

I getti dovranno essere iniziati solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori.

La posa in opera sarà eseguita con ogni cura ed a regola d'arte, dopo aver preparato accuratamente e rettificati i piani di posa, le casseforme, i cavi da riempire e dopo aver posizionato le armature metalliche.

Nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., si deve controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento, siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto e delle presenti Norme.

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori.

Si avrà cura che in nessun caso si verifichino cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento.

Le casseforme dovranno essere atte a garantire superfici di getto regolari ed a perfetta regola d'arte; in tal senso l'Appaltatore provvederà, a sua cura e spese, alla posa di opportuni ponteggi ed impalcature, previa presentazione ed approvazione da parte della Direzione Lavori dei relativi progetti.

Dovranno essere impiegati prodotti disarmanti aventi i requisiti di cui alle specifiche della Norma UNI 8866; le modalità di applicazione dovranno essere quelle indicate dal produttore evitando accuratamente aggiunte eccessive e ristagni di prodotto sul fondo delle casseforme.

La Direzione Lavori eseguirà un controllo della quantità di disarmante impiegato in relazione allo sviluppo della superficie di casseforme trattate.

Dovrà essere controllato inoltre che il disarmante impiegato non macchi o danneggi la superficie del conglomerato.

A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione specifica escludendo i lubrificanti di varia natura.

Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data di inizio e di fine dei getti e del disarmo.

Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Appaltatore dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera e assestato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze.

Per la finitura superficiale delle solette è prescritto l'uso di piastre vibranti o attrezzature equivalenti; la regolarità dei getti dovrà essere verificata con un'asta rettilinea della lunghezza di 2,00 m, che in ogni punto dovrà aderirvi uniformemente nelle due direzioni longitudinale e trasversale, saranno tollerati soltanto scostamenti inferiori a 10 mm.

Eventuali irregolarità o sbavature dovranno essere asportate mediante bocciardatura e i punti incidentalmente difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta fine di cemento, immediatamente dopo il disarmo, ciò qualora tali difetti o irregolarità siano contenuti nei limiti che la Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, riterrà tollerabili fermo restando in ogni caso che le suddette operazioni ricadranno esclusivamente e totalmente a carico dell'Appaltatore.

Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 5 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Impresa mediante uno strato di materiali idonei che, a seconda dei casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

\*37 malta fine di cemento;

\*38 conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a 15 mm.

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 0,5 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento.

Viene poi prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi dei casseri vengano fissati nella esatta posizione prevista utilizzando fili metallici liberi di scorrere entro tubetti di materiale PVC o simile, di colore grigio, destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio, armato o non armato.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.

A questo scopo il conglomerato dovrà cadere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a 50 cm misurati dopo la vibrazione.

L'altezza di caduta libera del conglomerato fresco non dovrà mai essere superiore a 100 cm misurati dall'uscita dello scivolo o dalla bocca del tubo convogliatore.

È vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore.

Durante la posa in opera i vespai di ghiaia, eventualmente formati, dovranno essere dispersi prima della vibrazione del conglomerato cementizio.

Per getti in pendenza, dovranno essere predisposti dei cordolini di arresto che evitino la formazione di lingue di conglomerato cementizio troppo sottili per essere vibrato efficacemente.

Gli apparecchi, i tempi e le modalità per la vibrazione saranno quelli, preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

L'Appaltatore dovrà porre particolare cura nella realizzazione dei giunti di dilatazione o contrazione di tipo Impermeabile (water stop) , o giunti speciali aperti, a cunei, secondo le indicazioni di progetto.

Quando il conglomerato cementizio deve essere gettato in presenza d'acqua, si dovranno adottare gli accorgimenti approvati dalla Direzione Lavori, necessari per impedire che l'acqua lo dilavi e ne pregiudichi la normale maturazione.

La massa volumica del conglomerato cementizio indurito, misurata secondo la Norma UNI 6394 su provini prelevati dalla struttura, non dovrà risultare inferiore al 97% della massa volumica della miscela fresca misurata nelle prove di qualificazione e/o di quella dichiarata nel mix design.

#### **4.7.4. Tolleranze geometriche**

Gli elementi strutturali devono essere realizzati e posizionati secondo le geometrie e le indicazioni di progetto, salvo variazioni richieste dalla D.L. in specifiche situazioni.

Le tolleranze relative alle strutture in calcestruzzo gettato in opera sono le seguenti:

deviazione dalla posizione relativa:  $\pm 10\text{mm}$ ;

deviazione dalla verticale:  $\pm 5\text{ mm}$  in 3 m, con un massimo di  $\pm 15\text{ mm}$ .

L'Appaltatore è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere e/o lavorazioni sostitutive e/o complementari, comprese le demolizioni, che a giudizio della Direzione Lavori si rendessero necessarie per garantire la piena funzionalità delle strutture in caso di esecuzione non conforme alle specifiche progettuali o alle tolleranze ammesse.

#### **4.7.5. Riprese di getto**

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che i getti vengano eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa anche se ciò comporta che il lavoro debba essere condotto a turni ed anche in giornate festive, e senza che l'Appaltatore possa avanzare richiesta alcuna di maggiore compensi.

Nel caso ciò non fosse possibile, dopo aver interrotto il getto e prima che inizi il processo di indurimento del cls, la superficie di conglomerato cementizio dovrà essere adeguatamente scalfita fino a diventare sufficientemente rugosa da garantire una perfetta aderenza con i getti successivi.

La Direzione Lavori avrà altresì la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario e senza che l'Appaltatore possa avanzare richiesta alcuna di maggiore compensi, l'utilizzo di opportune resine come aggrappanti per la ripresa di getti. Le caratteristiche e le modalità di applicazione delle resine saranno sottoposte per accettazione alla Direzione Lavori da parte dell'Appaltatore.

Tra le diverse riprese di getto non si dovranno avere distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore.

#### **4.7.6. Posa in opera in climi freddi**

Il clima si definisce freddo quando la temperatura risulta inferiore a 278 K (5 °C).

Valgono le prescrizioni riportate nel punto "Confezione dei conglomerati cementizi" della presente sezione.

Si dovrà controllare comunque che la temperatura del conglomerato cementizio appena miscelato non sia inferiore a 287 K (14 °C) e che non siano congelate o innevate le superfici di fondo o di contenimento del getto.

I getti all'esterno dovranno comunque essere sospesi quando la temperatura scende al di sotto di 263 K (-10 °C).

#### **4.7.7. Posa in opera in climi caldi**

Se durante le operazioni di getto la temperatura dell'aria supera i 306 K (33 °C), la temperatura dell'impasto non dovrà superare i 298 K (25 °C), per getti massivi tale limite dovrà essere convenientemente abbassato.

Al fine di abbassare la temperatura del conglomerato cementizio potrà essere usato ghiaccio in sostituzione di parte dell'acqua di impasto.

Per ritardare la presa e per facilitare la posa e la finitura del conglomerato cementizio potranno essere eventualmente impiegati additivi ritardanti di presa preventivamente autorizzati dalla D. L..

È tassativo l'obbligo di adottare adeguati sistemi di protezione delle superfici esposte.

Per i tempi di rimozione dei casseri si dovrà rispettare quanto previsto nella Norma UNI 9858.

#### **4.7.8. Stagionatura e disarmo**

##### **4.7.8.1. Stagionatura**

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 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'Appaltatore 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 giorni, sia per mezzo di prodotti antievaporanti (curing), da applicare a spruzzo subito dopo il getto, sia mediante continua bagnatura, sia con altri sistemi idonei.

I prodotti antievaporanti (curing) ed il loro dosaggio dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori.

Le loro caratteristiche dovranno essere conformi a quanto indicato nella Norma UNI 8656 : tipi 1 e 2.

La costanza della composizione dei prodotti antievaporanti dovrà essere verificata, a cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Impresa, 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 prodotti antievaporanti 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 di alcuni millesimi di millimetro aggiunti nella betoniera e dispersi uniformemente nel conglomerato cementizio, in misura di 0,5-1,5 kg/m<sup>3</sup>.

Nel caso che sulle solette si rilevino manifestazioni di ritiro plastico con formazione di fessure di apertura superiore a 0,3 mm, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese alla demolizione ed al rifacimento delle strutture danneggiate.

Di norma viene esclusa la accelerazione dei tempi di maturazione con trattamenti termici per i conglomerati gettati in opera.

In casi particolari la D. L. potrà autorizzare l'uso di tali procedimenti dopo l'esame e verifica diretta delle modalità proposte, che dovranno rispettare comunque quanto previsto ai seguenti paragrafi.

##### **4.7.9. Maturazione accelerata con trattamenti termici**

La maturazione accelerata dei conglomerati cementizi con trattamento termico sarà permessa qualora siano state condotte indagini sperimentali sul trattamento termico che si intende adottare.

In particolare, si dovrà controllare che ad un aumento delle resistenze iniziali non corrisponda una resistenza finale minore di quella che si otterrebbe con maturazione naturale.

Dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

\*39 la temperatura del conglomerato cementizio, durante le prime 3 h dall'impasto non deve superare 303 K (30 °C);

\*40 il gradiente di temperatura di riscaldamento e quello di raffreddamento non deve superare 15 K/h (°C/h), e dovranno essere ulteriormente ridotti qualora non sia verificata la condizione di cui al successivo quarto punto;

\*41 la temperatura massima del calcestruzzo non deve in media superare 333 K (60 °C);

\*42 la differenza di temperatura tra quella massima all'interno del conglomerato cementizio e ambiente a contatto con il manufatto non dovrà superare i 10 K (10 °C)

\*43 Il controllo, durante la maturazione, dei limiti e dei gradienti di temperatura, dovrà avvenire con apposita apparecchiatura che registri l'andamento delle temperature nel tempo;

\*44 la procedura di controllo di cui al punto precedente, dovrà essere rispettata anche per i conglomerati cementizi 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 dei trefoli o fili aderenti, dovranno essere maturati nelle stesse condizioni termo-igrometriche della struttura secondo quanto indicato dalla Norma UNI 6127.

##### **4.7.10. Disarmo**

Durante il periodo della stagionatura i getti dovranno essere riparati da possibilità di urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

La rimozione dell'armatura di sostegno dei getti potrà essere effettuata quando siano state sicuramente raggiunte le prescritte resistenze.

In assenza di specifici accertamenti, l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto prescritto dal DM 14/01/2008.

Si dovrà controllare che il disarmante impiegato non manchi o danneggi la superficie del conglomerato.

A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione chimica, escludendo i lubrificanti di varia natura.

La D. L. potrà prescrivere che le murature di calcestruzzo vengano rivestite sulla superficie esterna con paramenti speciali in pietra, laterizi od altri materiali da costruzione.

In tal caso i getti dovranno procedere contemporaneamente al rivestimento ed essere eseguiti in modo da consentirne l'adattamento e l'ammorsamento.

#### **4.7.11. Protezione dopo la scasseratura**

Si richiama integralmente il punto 10.6 della Norma 9858/91; al fine di evitare un prematuro essiccamento dei manufatti dopo la rimozione delle casseforme, a seguito del quale l'indurimento è ridotto e il materiale risulta più poroso e impermeabile, si dovrà procedere ad una stagionatura da eseguire con i metodi sopra indicati.

La durata della stagionatura, intesa come giorni complessivi di permanenza nei casseri e di protezione dopo la rimozione degli stessi, va determinata in base alle indicazioni del punto 10.6.3, prospetti XII e XIII, della Norma UNI 9858.

#### **4.7.12. Giunti di discontinuità nelle strutture in conglomerato cementizio**

È tassativamente prescritto che nelle strutture da eseguire con getto di conglomerato cementizio vengano realizzati giunti di discontinuità sia in elevazione che in fondazione onde evitare irregolari e imprevedibili fessurazioni delle strutture stesse per effetto di escursioni termiche, di fenomeni di ritiro e di eventuali assestamenti.

Tali giunti vanno praticati ad intervalli ed in posizioni opportunamente scelte tenendo anche conto delle particolarità della struttura (gradonatura della fondazione, ripresa fra vecchie e nuove strutture, attacco dei muri andatori con le spalle dei ponti e viadotti, ecc).

I giunti saranno ottenuti ponendo in opera, con un certo anticipo rispetto al getto, appositi setti di materiale idoneo, da lasciare in posto, in modo da realizzare superfici di discontinuità (piane, a battente, a maschio e femmina, ecc.) affioranti a faccia vista secondo le linee rette continue o spezzate, e devono seguire le indicazioni di progetto.

I manufatti, di tenuta o di copertura dei giunti, possono essere costituiti da elastomeri a struttura etilenica (stirolo butiadene), a struttura paraffinica (bitile), a struttura complessa (silicone poliuretano, polioisopropilene, polioisocloropropilene), da elastomeri etilenici cosiddetti protetti (neoprene) o da cloruro di polivinile.

In luogo dei manufatti predetti, potrà essere previsto l'impiego di sigillanti.

I sigillanti possono essere costituiti da sostanze oleoresinose, bituminose siliconiche a base di elastomeri polimerizzabili o polisolfuri che dovranno assicurare la tenuta all'acqua, l'elasticità sotto le deformazioni previste, una aderenza perfetta alle pareti, ottenuta anche a mezzo di idonei primer, non colabili sotto le più alte temperature previste e non rigidi sotto le più basse, mantenendo il più a lungo possibile nel tempo le caratteristiche di cui sopra dopo la messa in opera.

È tassativamente proibita l'esecuzione di giunti obliqui formanti angolo diedro acuto (muro andatore, spalla ponte obliquo, ecc.).

In tali casi occorre sempre modificare l'angolo diedro acuto in modo tale da formare con le superfici esterne delle opere da giuntare angoli diedri non inferiori ad un angolo retto con facce piane di conveniente larghezza in relazione al diametro massimo degli inerti impiegati nel confezionamento del conglomerato cementizio di ogni singola opera.

##### **4.7.12.1. Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature ed oneri vari**

Nell'esecuzione dei manufatti contro terra si dovrà prevedere in numero sufficiente ed in posizione opportuna l'esecuzione di appositi fori per l'evacuazione delle acque di infiltrazione.

I fori dovranno essere ottenuti mediante preventiva posa in opera nella massa del conglomerato cementizio di tubi a sezione circolare o di profilati di altre sezioni di PVC o simili.

L'Appaltatore avrà a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso di 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 di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle di ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere di interdizione, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti di 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 di opere di spettanza dell'Impresa stessa, sia per quanto riguarda le eventuali opere di adattamento di infissi o impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori.

## 5. CASSEFORME E CENTINATURA



### **5.1.     NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le presenti prescrizioni si intendono integrative delle Norme Tecniche emanate in applicazione all'art. 21 della legge n. 1086 del 05/11/1971 e delle norme di legge vigenti in merito a leganti, inerti, acqua di impasto ed additivi nonché delle relative Norme UNI.

In particolare le verifiche e le elaborazioni di cui sopra saranno condotte osservando tutte le vigenti disposizioni di Legge e le Norme emanate in materia.

L'Impresa sarà tenuta all'osservanza:

- della Legge 5 novembre 1971, n. 1086 " Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" (G.U. n. 321 del 21.12.1971);
- del D.M. 4 maggio 1990 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per la progettazione, la esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali" (G.U. n. 24 del 29.01.1991) e sue istruzioni emanate con circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 34233 del 25.02.1991 (Circolare ANAS. n. 28/1991 del 18.06.1991).
- del D.M. 14 febbraio 1992 "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche (S.O. alla G.U. n. 65 del 18.03.1992);
- del D.M. 9 gennaio 1996 " Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" (S.O. alla G.U. n. 19 del 05.02.1996);
- del D.M. 16 gennaio 1996 " Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" (S.O. alla G.U. n. 29 del 05.02.1996) e relative integrazioni, proroghe e istruzioni emanate con circolare del Ministero LL.PP. n. 65 del 10.04.1997 (S.O. alla G.U. n. 97 del 28.04.1997);
- della circolare del Ministero LL.PP. n. 156 del 04.07.1996 concernente " Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche relative ai criteri generali e la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" (S.O. alla G.U. n. 217 del 16.09.1996);
- della circolare del Ministero LL.PP. n. 252 del 15.10.1996 concernente " Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" (S.O. alla G.U. n. 227 del 26.11.1996);
- UNI 9858: "Calcestruzzo. Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità"
- UNI 8991 "Durabilità delle opere e manufatti in calcestruzzo"
- del DM 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni" e successiva circolare esplicativa n. 618 del 02/02/2009.

L'Appaltatore sarà tenuto inoltre a presentare all'esame della Direzione Lavori i progetti delle opere provvisionali (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione).

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

Quindi resta stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione Lavori, l'Appaltatore rimane l'unico e diretto responsabile delle opere a termine di legge, pertanto sarà tenuto a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

### **5.2.     CASSEFORME, ARMATURE DI SOSTEGNO, CENTINATURE E ATTREZZATURE DI COSTRUZIONE**

Per tali opere provvisorie l'Appaltatore porterà alla preventiva conoscenza della Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando la esclusiva responsabilità dell'Appaltatore stesso per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere 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 adatto a consentire la realizzazione della struttura 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 parte isolare:

- 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 soprasuolo 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.

Per quanto riguarda le casseforme viene prescritto l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibrocompresi o compensati; in ogni caso esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ed essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle strutture e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.

Per i getti di superficie in vista dovranno essere impiegate casseforme speciali atte a garantire rifiniture perfettamente piane, lisce e prive di qualsiasi irregolarità.

La Direzione Lavori si riserva, a suo insindacabile giudizio, di autorizzare l'uso di casseforme in legno; esse dovranno però essere eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianza sulle facce in vista del getto.

**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 al punto dedicato dell'articolo "Calcestruzzi".

Le parti componenti i casseri dovranno risultare a perfetto contatto per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia.

Nel caso di cassetta a perdere, inglobata nell'opera, si dovrà verificare la sua funzionalità se è elemento portante e che non sia dannosa se è elemento accessorio.

I casseri dovranno 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. Se verranno impiegate casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto e, qualora espressamente previsto nel progetto, si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata nel qual caso la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

Qualora sia prevista la realizzazione di conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, l'impiego dei disarmanti dovrà essere subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto non alteri il colore.

Salvo diversamente previsto negli elaborati progettuali, le casseforme a perdere per la realizzazione degli alleggerimenti saranno eseguite casseforme a perdere, realizzate con pannelli di rete tipo "PERNERVOMETAL" o similare montate su strutture di irrigidimento, in tondino di acciaio o in legno, per la costituzione di zone di alleggerimento.

In alternativa, tali zone di alleggerimento potranno essere realizzate con blocchi di polistirolo espanso di adeguato peso specifico, sufficiente cioè a sopportare le pressioni del calcestruzzo in fase di presa.

Sistemi alternativi a quelli descritti potranno essere adottati dall'Appaltatore previa approvazione della Direzione Lavori.

## 6. PALI

## **6.1. CLASSIFICAZIONE**

### *a) Pali di medio e grande diametro*

Dal punto di vista esecutivo, possiamo identificare le seguenti tipologie:

- Pali infissi (gettati in opera o prefabbricati)
- Pali trivellati
- Pali trivellati ad elica continui

### *b) Micropali*

Con tale denominazione devono essere intesi, i pali trivellati aventi diametro  $\leq 250$  mm costituiti da malte o miscele cementizie e da idonee armature d'acciaio.

Dal punto di vista esecutivo, possiamo identificare le seguenti tipologie, a seconda delle modalità di connessione al terreno:

\*45 riempimento a gravità;

\*46 riempimento a bassa pressione;

\*47 iniezione ripetuta ad alta pressione.

### **6.1.1. Definizioni**

#### *Pali trivellati*

Con tale denominazione si vengono ad identificare i pali realizzati per asportazione del terreno e sua sostituzione con calcestruzzo armato. Durante la perforazione la stabilità dello scavo può essere ottenuta con l'ausilio di fanghi bentonitici o altri fluidi stabilizzanti, ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

### **6.1.2. Normative di riferimento**

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

\*48 Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 14/01/2008;

- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11/03/1988 e Circolare LL.PP. n. 30483 del 24/09/1988
- Associazione Geotecnica Italiana, Raccomandazioni sui pali di fondazione, Dic. 1984
- Altre norme UNI-CNR, ASTM, DIN, saranno specificate ove pertinenti.

### **6.1.3. Preparazione del piano di lavoro**

L'Impresa dovrà aver cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che, se incontrati durante l'esecuzione dei pali, possono recare danno alle maestranze di cantiere o a terzi.

Per la realizzazione dei pali in alveo, in presenza di un battente di acqua fluente, l'Impresa predisporrà la fondazione di un piano di lavoro a quota sufficientemente elevata rispetto a quella dell'acqua per renderlo transitabile ai mezzi semoventi portanti le attrezzature di infissione o di perforazione e relativi accessori e di tutte le altre attrezzature di cantiere.

## **6.2. PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO**

### **6.2.1. Soggezioni geotecniche e ambientali**

#### *Pali trivellati*

Le tecniche di perforazione dovranno essere le più adatte in relazione alla natura del terreno attraversato; in particolare:

- la perforazione "a secco" senza rivestimento è ammessa solo in terreni uniformemente argillosi di media ed elevata consistenza, esenti da intercalazioni incoerenti e non interessati da falde che possono causare

ingresso di acqua nel foro, caratterizzati da valori della resistenza al taglio non drenata ( $c_u$ ) che alla generica profondità di scavo  $H$  soddisfi la seguente condizione:

$$c_u \geq \gamma H/3$$

dove:

$\gamma$  = peso di volume totale;

Inoltre, la perforazione "a secco" è ammissibile solo dove possa essere eseguita senza alcun ingresso alcuno di acqua nel foro;

- la perforazione a fango non è di norma ammessa in terreni molto aperti, privi di frazioni medio - fini ( $D_{10} > 4$  mm). Durante le operazioni di perforazione si dovrà tenere conto della esigenza di non peggiorare le caratteristiche meccaniche del terreno circostante il palo, si dovrà quindi minimizzare e/o evitare:

\*49 rammollimento di strati coesivi, minimizzando e/o annullando l'intervallo di tempo tra la perforazione e il getto del palo;

\*50 la diminuzione di densità relativa ( $D_r$ ) degli strati incoerenti;

\*51 la diminuzione delle tensioni orizzontali efficaci, proprie dello stato naturale;

\*52 la riduzione dell'aderenza palo-terreno, a causa dell'uso improprio dei fanghi.

Nel caso di attraversamento di trovanti lapidei, non estraibili con i normali metodi di scavo, o di strati rocciosi o cementati e per conseguire una sufficiente ammorsatura del palo nei substrati rocciosi di base, si farà ricorso all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, del peso e forma adeguati.

In alternativa, ed in relazione alla natura dei materiali attraversati, potranno essere impiegate speciali attrezzature fresanti.

L'uso di queste attrezzature dovrà essere frequentemente alternato a quello del secchione, che hanno il compito di estrarre dal foro i materiali di risulta.

Sulle attrezzature di manovra degli utensili di scavo, saranno disposte delle marcature regolari (1-2 m) che consentiranno il rapido apprezzamento della profondità alla quale gli utensili stanno operando.

La verticalità delle aste di guida rigide, dovrà essere controllata da un indicatore a pendolo disposto sulle stesse.

#### c) *Pali trivellati ad elica continua*

La tecnica di perforazione è adatta a terreni di consistenza bassa e media, con o senza acqua di falda.

Nel caso vengono ad interessare terreni compressibili, nelle fasi di getto, dovranno essere adottati i necessari accorgimenti atti a ridurre o evitare sbulbature.

#### **6.2.2. Prove tecnologiche preliminari**

La scelta delle attrezzature di scavo o di battitura e gli associati dettagli esecutivi e di posa in opera del palo, dovranno essere comunicati preliminarmente all'esecuzione dei pali dall'Impresa alla D. L..

Nell'eventualità di particolare complessità della situazione geotecnica e/o stratigrafica, o in relazione dell'importanza dell'opera, l'idoneità delle attrezzature sarà verificata mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari.

Tali verifiche dovranno essere condotte in aree limitrofe a quelle interessanti la palificata in progetto e comunque tali da essere rappresentative dal punto di vista geotecnico ed idrogeologico.

I pali di prova, eventualmente strumentati (per la determinazione del carico limite), a cura dell'Impresa, saranno eseguiti in numero di 1 per ogni tratta con caratteristiche geotecnicamente omogenee.

I pali di prova dovranno essere realizzati in corrispondenza dell'opera, e predisposti al di fuori della palificata ad una distanza dalla stessa non inferiore ai 10 m presa ortogonalmente dal bordo più vicino del plinto di raccordo, in maniera tale da ricadere nella medesima situazione geotecnica e/o stratigrafica della palificata in progetto.

Tali pali dovranno essere eseguiti o posti in opera alla presenza della D. L., cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i pali in progetto.

In ogni caso l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura, all'esecuzione di tutte quelle prove di controllo non distruttive, ed a ogni altra prova di controllo, che saranno richieste dalla D. L., tali da eliminare gli eventuali dubbi sulla accettabilità delle modalità esecutive

Nel caso in cui l'Impresa proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva, sperimentata ed approvata inizialmente, si dovrà dar corso sempre a sua cura, alle prove tecnologiche precedentemente descritte.

Di tutte le prove e controlli eseguiti, l'Impresa si farà carico di presentare documentazione scritta.

### **6.2.3. Materiali**

Le prescrizioni che seguono sono da intendersi integrative di quelle riguardanti le Opere in Conglomerato Cementizio, e che si intendono integralmente applicabili.

#### **6.2.3.1. Armature metalliche**

Le armature metalliche saranno di norma costituite da barre ad aderenza migliorata; le armature trasversali dei pali saranno costituite unicamente da spirali in tondino esterne ai ferri longitudinali.

Le armature saranno pre assemblate fuori opera in gabbie; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro o con punti di saldatura elettrica.

I pali costruiti in zona sismica dovranno essere armati per tutta la lunghezza.

L'armatura di lunghezza pari a quella del palo dovrà essere posta in opera prima del getto e mantenuta in posto senza poggiarla sul fondo del foro.

Non si ammette di norma la distribuzione delle barre verticali su doppio strato; l'intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo la circonferenza che ne unisce i centri, non dovrà in alcun caso essere inferiore a 7.5 cm con aggregati di diametro minimo non superiore ai 2 cm, e 10 cm con aggregati di diametro superiore.

Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copri ferro netto minimo di 5.

Per i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, è necessario verificare che la loro superficie sia forata per almeno il 25%.

I centratori saranno posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 3-4 m.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine e dovranno essere messe in opera prima del getto e mantenute in posto sostenendole dall'alto, evitando in ogni caso di appoggiarle sul conglomerato cementizio già in opera o sul fondo del foro, ove fosse necessario, è ammessa la giunzione, che potrà essere realizzata mediante sovrapposizione non inferiore a 40 diametri.

La posa della gabbia all'interno del tubo forma, per i pali battuti, potrà aver luogo solo dopo aver accertato l'assenza di acqua e/o terreno all'interno dello stesso.

Qualora all'interno del tubo forma si dovesse riscontrare la presenza di terreno soffice o di infiltrazione di acqua, la costruzione del palo dovrà essere interrotta, previo riempimento con conglomerato cementizio magro.

Tale palo sarà successivamente sostituito, a cura e spese dell'Impresa, da uno o due pali supplementari, sentito il progettista.

L'Impresa esecutrice dovrà inoltre adottare gli opportuni provvedimenti atti a ridurre la deformazione della gabbia durante l'esecuzione del fusto.

A getto terminato, si dovrà comunque registrare la variazione della quota della testa dei ferri d'armatura.

Al fine di irrigidire le gabbie di armatura potranno essere realizzati opportuni telai cui fissare le barre d'armatura.

Detti telai potranno essere realizzati utilizzando barre lisce verticali legate ad anelli irrigidenti orizzontali, orientativamente, a seconda delle dimensioni e della lunghezza del palo, potrà prevedersi un cerchiante ogni 2.5 – 3 m.

Per i pali trivellati, al fine di eseguire le prove geofisiche che sono descritte nel punto ...., l'Impresa dovrà fornire e porre in opera, a sua cura e spese, nel 5% del numero totale dei pali trivellati con un diametro  $d \geq 700$  mm, con un minimo di 2 pali, due o tre tubi estesi a tutta la lunghezza del palo, solidarizzati alla gabbia di armatura.

#### **6.2.3.2. Rivestimenti metallici**

Le caratteristiche geometriche dei rivestimenti, sia provvisori che definitivi, saranno conformi alle prescrizioni di progetto.

Nel caso di pali battuti questi saranno in acciaio, di qualità, forma e spessori tali da sopportare tutte le sollecitazioni durante il trasporto, il sollevamento e l'infissione e senza che subiscano distorsioni o collassi conseguenti alla pressione del terreno od all'infissione dei pali vicini..

Il dimensionamento dei tubi di rivestimento, per pali battuti senza asportazione di terreno, potrà essere effettuato mediante il metodo dell'onda d'urto.

I rivestimenti definitivi dei pali infissi e gettati in opera dovranno avere la base piatta e saldata al fusto.

Questa sarà realizzata mediante una piastra di spessore non inferiore ai 3 mm, saldata per l'intera circonferenza del tubo di rivestimento.

Dovrà essere priva di sporgenze rispetto al rivestimento, la saldatura dovrà impedire l'ingresso di acqua all'interno del tubo per l'intera durata della battitura ed oltre.

La piastra dovrà essere tale da resistere alle sollecitazioni di battitura e ribattitura.

I rivestimenti possono essere realizzati anche a sezione variabile, con l'impiego di raccordi flangiati.

Nel caso di pali battuti con rivestimento definitivo, da realizzare in ambienti aggressivi la superficie esterna del palo dovrà essere rivestita con materiali protettivi adeguati, da concordare con la Direzione Lavori.

Nel caso di pali battuti gettati in opera con tubo forma estraibile, l'espulsione del fondello, occludente l'estremità inferiore del tubo-forma, può essere eseguito con un pistone rigido di diametro pari a quello interno del tubo forma collegato, tramite un'asta rigida, alla base della testa di battuta.

Può essere impiegato, tubo-forma dotato di fondello incernierato recuperabile.

Nel caso dei pali trivellati, con tubazioni di rivestimento, questa dovrà essere costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni lunghi 2.0 – 2.5 m connessi tra loro mediante manicotti esterni filettati o innesti speciali a baionetta, con risalti interni raccordati di spessore non superiore al 2% del diametro nominale.

L'infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta, imprimendole un movimento rototraslatorio mediante morsa azionata da comandi oleodinamici, oppure applicandole in sommità un vibratore di adeguata potenza (essenzialmente in terreni poco o mediamente addensati, privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi).

In questo secondo caso, la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni più lunghi di 2.50 m o anche essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo.

È ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni, purché non risultino varchi nel tubo che possono dar luogo all'ingresso di terreno.

### **6.2.3.3. Conglomerato cementizio**

Sarà conforme a ciò che è prescritto nei disegni di progetto e nelle sezioni "calcestruzzi" del presente Capitolato.

Il conglomerato sarà confezionato in apposita centrale di preparazione atta al dosaggio a peso dei componenti.

Le classi di aggregato da impiegare dovranno essere tali da soddisfare il criterio della massima densità (curva di Fuller) per la loro granulometria.

La dimensione massima degli inerti deve essere tale che  $D_{max}/2.5 \geq i_{min}$  dove  $i_{min}$  è il valore minimo del passo fra le barre longitudinali, e comunque non superiore ai 40 mm.

Il cemento da impiegato dovrà soddisfare i requisiti richiesti dalla vigente Legislazione, e dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali, in particolare, l'aggressività da parte dell'ambiente esterno.

Il conglomerato cementizio dovrà avere una resistenza caratteristica cubica ( $R_{bk}$ ) così come indicato in progetto, e comunque non inferiore a  $R_{bk} \geq 25$ .

Il rapporto acqua/cemento non dovrà superare il limite di 0.5, nella condizione di aggregato saturo e superficie asciutta.

La lavorabilità in fase di getto, il calcestruzzo dovrà essere tale da dare uno "slump" al cono di Abrams (CNR UNI 7163-79) compreso fra 16 e 20 cm.

Per soddisfare entrambi questi requisiti, potrà essere aggiunto all'impasto un idoneo additivo fluidificante non aerante.

È ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o di fluidificanti con effetto ritardante.

I prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare dovranno essere sottoposti all'esame ed all'approvazione preventiva della D. L..

I mezzi di trasporto dovranno essere tali da evitare segregazione dei componenti.

Il calcestruzzo dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun palo senza soluzione di continuità, secondo le cadenze prescritte e rendendo minimo l'intervallo di tempo fra preparazione e getto, e comunque non inferiore a 15 m3/ora per pali di diametro  $d < 800$  mm e di 20 m3/ora per pali di diametro  $d \geq 800$  mm.

L'Impresa dovrà garantire la disponibilità del calcestruzzo necessario per soddisfare la produzione giornaliera di pali in accordo al programma di costruzione.

#### **6.2.3.4. Fanghi bentonitici**

I fanghi bentonitici da impiegare nella esecuzione di prefiori per l'esecuzione di pali trivellati, saranno ottenuti miscelando fino ad avere una soluzione finemente dispersa, i seguenti componenti:

\*53 acqua (chiara di cantiere);

\*54 bentonite in polvere;

\*55 eventuali additivi (disperdenti, sali tampone, ecc.)

##### **6.2.3.4.1. Bentonite in polvere**

La bentonite che verrà impiegata per la realizzazione di fanghi dovranno rispondere ai seguenti requisiti:

|  |                      |
|--|----------------------|
| residui al setaccio 38 della serie UNI n. 2331-2332  | < 1%                 |
| Tenore di umidità  | < 15%                |
| Limite di liquidità  | > 400                |
| Viscosità 1500-1000 Marsh della sospensione al 6% di acqua distillata  | > 40 s               |
| Decantazione della sospensione al 6% in 24 ore   | < 2%                 |
| Acqua "libera" separata per pressofiltrazione di 450 cm <sup>3</sup> della sospensione al 6% in 30 min alla pressione di 0.7 MPa | < 18 cm <sup>3</sup> |
| PH dell'acqua filtrata   | 7 < pH < 9           |
| Spessore del pannello di fango "cake" sul filtro della filtro-prensa   | 2,5 mm               |

La bentonite, certificata dal fornitore, è assoggettata alla sua affinità con le caratteristiche chimico-fisiche del terreno di scavo e dell'acqua di falda.

##### **6.2.3.4.2. Preparazione fanghi bentonitici**

Il dosaggio di bentonite, espresso come percentuale in peso rispetto all'acqua, dovrà risultare di norma compreso fra il 4,5 ed il 9%, salva la facoltà della D. L. di ordinare dosaggi diversi in sede esecutiva, in relazione ad eventuali problematiche di confezionamento o di appesantimento durante la perforazione.

Gli additivi dovranno essere prescelti tenendo conto della natura e dell'entità degli elettroliti presenti nell'acqua di falda in modo da evitare che essa provochi la flocculazione del fango.

La miscelazione sarà eseguita in impianti automatici con pompe laminatrici o mescolatori ad alta turbolenza accoppiati a cicloni ed operanti a circuito chiuso e con dosatura a peso dei componenti.

In ogni caso dovranno essere installate apposite vasche di adeguata capacità (>20m<sup>3</sup>) per la "maturazione" del fango, nelle quali esso dovrà rimanere per almeno 24 ore dopo la preparazione, prima di essere impiegato.

Le caratteristiche del fango pronto per l'impiego dovranno essere comprese entro i limiti seguenti:

- peso specifico : non superiore a 1.08 t/m<sup>3</sup>
- viscosità Marsh : compresa fra 38" e 55"



L'Impresa dovrà predisporre e mantenere operanti idonee apparecchiature di depurazione del fango che consentono di contenere entro limiti ristretti la quantità di materiale trattenuto in sospensione.

Tali apparecchiature devono mantenere le caratteristiche del fango presente nel foro entro i seguenti limiti:

- peso di volume nel corso dello scavo  $\leq 12.5$  kN/m<sup>3</sup>;
- contenuto percentuale volumetrico in sabbia del fango, prima dell'inizio delle operazioni di getto: < 6%

La determinazione dei valori sopraindicati saranno condotte su campioni di fango prelevati a mezzo di campionatore per fluidi in prossimità del fondo dello scavo.

Per riportare il fango entro i limiti indicati esso deve essere fatto circolare per il tempo necessario, attraverso separatori a ciclone (o di pari efficacia), con una condotta dal fondo dello scavo, prima di reimmetterlo all'interno del cavo. In alternativa, il fango nel cavo dovrà essere sostituito in tutto o in parte con fango fresco.

Il fango estratto sarà in tal caso depurato in un secondo tempo, oppure convogliato a rifiuto presso discariche autorizzate, nel rispetto delle vigenti Norme di Legge.

#### **6.2.3.5. Fanghi biodegradabili**

Per fango biodegradabile si intende un fluido di perforazione ad alta viscosità che muta spontaneamente le proprie caratteristiche nel tempo, riassumendo dopo pochi giorni le caratteristiche di viscosità proprie dell'acqua.

##### **6.2.3.5.1. Caratteristiche e preparazione dei fanghi biodegradabili**

Per la produzione dei fanghi biodegradabili si utilizzeranno di norma prodotti a base di amidi. La formulazione del fango deve essere preventivamente studiata con prove di laboratorio e comunicata preventivamente alla D.L.

Nelle prove occorrerà tenere conto della effettiva temperatura di utilizzo del fango (temperatura dell'acqua disponibile in cantiere, e temperatura dell'acqua di falda).

Il decadimento della viscosità deve avvenire di norma dopo un tempo sufficiente al completamento degli scavi.

In linea generale la perdita di viscosità deve iniziare dopo 20 ÷ 40 ore dalla preparazione.

Se necessario, i fanghi potranno essere additivati utilizzando correttivi idrolizzanti.

### **6.3. TIPOLOGIE ESECUTIVE**

#### **6.3.1.1. Pali infissi gettati in opera**

Si tratta di pali in c.a. realizzati, senza esportazione alcuna di terreno, previa infissione di un tubo forma provvisorio o permanente costituito da un tubo metallico di adeguato spessore chiuso inferiormente da un tappo provvisorio o non.

Completata l'infissione del tubo forma, dopo aver installato la gabbia di armatura si procede al getto del conglomerato cementizio estraendo contemporaneamente, se previsto, il tubo forma.

L'installazione della gabbia d'armatura sarà preceduta, se previsto dal progetto, dalla formazione di un bulbo di base in conglomerato cementizio realizzato forzando, mediante battitura, il conglomerato cementizio nel terreno.

L'adozione della tipologia di esecuzione sarà conforme a quanto esposto in progetto.

##### **6.3.1.1.1. Tolleranze geometriche**

Saranno accettate le seguenti tolleranze sull'assetto geometrico del palo:

- sul diametro esterno della cassaforma infissa:  $\pm 2\%$ ;
- deviazione dell'asse del palo rispetto all'asse di progetto (verticalità):  $\leq 2\%$ ;
- errore rispetto alla posizione planimetrica: non superiore al 15% del diametro nominale;
- per la lunghezza e la quota testa palo, vale quanto riportato nel punto 10.3.1.1.1.

- inoltre la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare in inferiore a quella di progetto.

L'Impresa è tenuta ad eseguire a sua esclusiva cura e spese tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della Direzione Lavori, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per avviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi ed opere di collegamento.

#### **6.3.1.1.2. Tracciamento**

**Prima di iniziare l'infissione si dovrà, a cura ed onere dell'Impresa, indicare sul terreno la posizione** dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo; su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo quale risulta dalla pianta della palificata.

L'Impresa esecutrice dovrà presentare:

- una pianta della palificata con la posizione planimetrica di tutti i pali inclusi quelli di prova contrassegnati con numero progressivo;
- un programma cronologico di infissione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi dell'infissione stessa sulle opere vicine e sui pali già installati (in genere interasse non inferiore ai tre diametri).

#### **6.3.1.1.3. Attrezzature per infissione**

Valgono le indicazioni riportate nel punto 10.3.1.1.3.

È prevista tuttavia la possibilità di impiego di un mandrino di acciaio, di opportune dimensioni e resistenza, allo scopo di eseguire la battitura sul fondello.

È ammesso l'impiego di mandrini ad espansione, resi temporaneamente solidali al rivestimento.

È ammesso l'impiego di mandrini speciali per la battitura multipla di rivestimenti a sezione variabile.

#### **6.3.1.1.4. Infissione**

L'infissione dei rivestimenti tramite battitura avverrà senza estrazione di materiale, con spostamento laterale del terreno naturale.

È ammesso se previsto dal progetto, o se approvato dalla D. L., l'esecuzione della battitura in due o più fasi, con eventuale modifica del procedimento.

Nel caso si impieghi un mandrino, questo verrà introdotto nel rivestimento, sarà espanso e mantenuto solidale al tubo forma per tutta la durata dell'infissione e alla fine della quale verrà estratto.

Per i pali di particolare lunghezza è ammessa la saldatura in opera di due spezzoni di rivestimento, il primo dei quali già infisso.

Il secondo spezzone, nel caso della saldatura, sarà mantenuto in posizione fissa da una opportuna attrezzatura di sostegno.

L'infissione dei rivestimenti sarà arrestata quando sarà soddisfatta una delle seguenti condizioni:

- A) raggiungimento della quota di progetto;
- B) raggiungimento del rifiuto minimo specificato.

Dove con il termine rifiuto minimo, si intende, quando l'infissione corrispondente a 100 colpi di battipalo efficiente è inferiore ai 10 cm.

Nel caso del raggiungimento del rifiuto la D. L. potrà richiedere all'Impresa la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, se motivata da ragioni geotecniche particolari (forti sovrappressioni interstiziali, ecc.).

L'Impresa al fine di contenere le vibrazioni o il danneggiamento di opere o pali già esistenti, potrà eseguire prefori, i quali dovranno avere un diametro massimo inferiore di almeno 20 mm rispetto a quello esterno della tubazione di rivestimento.

Di norma la profondità da raggiungere sarà inferiore ai 2/3 della profondità del palo, e comunque tale da non raggiungere lo strato portante se esistente.

Il preforo, potrà anche essere richiesto per il raggiungimento delle quote di progetto nel caso di livelli superficiali molto addensati e/o cementati.

I prefori sono a cura e spese dell'Impresa.

#### 6.3.1.1.5. **Formazione del fusto del palo**

Terminata l'infissione del tubo forma, verrà posta al suo interno la gabbia di armatura, secondo le modalità descritte nel punto 10.2.3.1.

Prima del posizionamento si avrà cura di rimuovere eventuali corpi estranei presenti nel cavo e si verificherà che l'eventuale presenza di acqua entro il tubo di rivestimento non sia superiore ai 15 cm.

Il getto del calcestruzzo dovrà essere effettuato a partire dal fondo del foro utilizzando un tubo convogliatore metallico di diametro  $d = 20 - 25$  cm, in spezzoni della lunghezza di 3.0 m, alla cui estremità superiore è collocata una tramoggia di capacità pari a  $0.40 - 0.60$  m<sup>3</sup>.

Il getto dovrà essere portato sino a  $0.5 - 1.0$  m al di sopra della quota di progetto della testa del palo.

Nel caso di pali infissi gettati in opera con tubo forma provvisorio, si provvederà alla espulsione del tappo ed alla formazione del bulbo di base, forzando mediante battitura il conglomerato cementizio nel terreno ed evitando nel modo più assoluto l'ingresso di acqua e/o terreno nel tubo forma.

Per la formazione del bulbo di base si adotterà un conglomerato cementizio avente le seguenti caratteristiche:

rapporto  $a/c \leq 0,4$ ;

"slump"  $s \leq 4$  cm

Il getto del fusto del palo si effettuerà evitando segregazioni ed in totale assenza di acqua e/o terreno.

A tale scopo il rivestimento dovrà avere la scarpa sotto un battente di calcestruzzo di almeno 2.0 m.

Il conglomerato cementizio impiegato dovrà essere tale da rispettare le caratteristiche riportate nel punto 10.2.3.3.

#### 6.3.2. **Pali trivellati**

Si tratta di pali ottenuti mediante l'asportazione di terreno e sua sostituzione con conglomerato cementizio armato, con l'impiego di perforazione a rotazione o rotopercolazione, eseguiti in materiali di qualsiasi natura e consistenza (inclusi muratura, calcestruzzi, trovanti, strati cementati e roccia dura), anche in presenza di acqua e/o in alveo con acqua fluente.

Nel caso si vengano a riscontrare nel terreno trovanti lapidei o strati rocciosi, nonché per l'ammorsamento in strati di roccia dura, si potrà ricorrere all'impiego di scalpelli frangiroccia a percussione, con opportune strumentazioni per la guida dell'utensile.

L'impiego dello scalpello comporterà l'adozione di un rivestimento provvisorio spinto sino al tetto della formazione lapidea, questo per evitare urti e rimbalzi laterali dello scalpello contro le pareti del foro.

Possono essere usati sempre per tale scopo altri utensili adatti (eliche per roccia, ecc.).

##### 6.3.2.1. **Tolleranze geometriche**

La posizione planimetrica dei pali non dovrà discostarsi da quella di progetto più del 5% del diametro nominale del palo salvo diversa indicazione della D.L. La verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 2%.

Le tolleranze sul diametro nominale  $D$ , verificate in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito rilevate con la frequenza riportata al punto 10.5.3, sono le seguenti:

- per ciascun palo, in base all'assorbimento complessivo, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra " $- 0,01 D$ " e " $+ 0,1 D$ ";
- per ciascuna sezione dei pali sottoposti a misure dell'assorbimento dose per dose, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra " $- 0,01 D$ " e " $+ 0,1 D$ ";
- lunghezza:
  - pali aventi diametro  $D < 600$  mm  $\pm 15$  cm;
  - pali aventi diametro  $D \geq 600$  mm  $\pm 25$  cm;
- quota testa palo:  $\pm 5$  cm;

L'Impresa è tenuta ad eseguire a suo esclusivo onere e spese tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della Direzione Lavori, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per avviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi ed opere di collegamento.

### **6.3.2.2. Tracciamento**

Prima di iniziare la perforazione, a cura e spese dell'Impresa si dovrà indicare sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo quale risulta dalla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata alla Direzione Lavori dall'Impresa, dovrà indicare la posizione di tutti i pali, inclusi quelli di prova contrassegnati con numero progressivo.

Se considerato necessario dalla Direzione Lavori, in corrispondenza di ciascun palo sarà posto in opera un avampozzo provvisorio di lamiera d'acciaio con funzioni di guida dell'utensile, di riferimento per la posizione piano altimetrica della sommità del palo e di difesa dall'erosione del terreno ad opera del liquido eventualmente presente nel foro.

Esternamente all'avampozzo saranno installati riferimenti atti a permettere il controllo della sua posizione planimetrica durante la perforazione.

### **6.3.2.3. Pali trivellati con fanghi bentonitici**

La perforazione sarà eseguita mediante l'impiego dell'utensile di scavo ritenuto più idoneo allo scopo, e con le attrezzature della potenza adeguata, in relazione alle condizioni ambientali, litologiche ed idrogeologiche dei terreni da attraversare nonché alle dimensioni dei pali da eseguire.

Il fango bentonitico impiegato nella perforazione, dovrà avere le caratteristiche riportate nel punto 10.2.3.4.

Il livello del fango nel foro dovrà in ogni caso essere più alto della massima quota piezometrica delle falde presenti nel terreno lungo la perforazione.

Il franco dovrà risultare di norma non inferiore ad 1.0 m, e non dovrà scendere al di sotto di 0,60 m all'atto dell'estrazione dell'utensile nel foro.

La distanza minima fra gli assi di due perforazioni attigue in corso appena ultimate o in corso di getto, dovrà essere tale da impedire pericolosi fenomeni di interazione e comunque non inferiore ai 5 diametri.

Se nella fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del conglomerato cementizio, ecc.), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimarela solo nell'imminenza del getto.

Completata la perforazione, si procederà alla sostituzione del fango sino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia, ed alla pulizia del fondo foro.

#### **6.3.2.3.1. Formazione del fusto del palo**

Al termine della perforazione, verrà calata all'interno del foro la gabbia di armatura.

In seguito si procederà al getto del conglomerato cementizio, mediante tubo di convogliamento.

In presenza di acqua di falda, potrà essere prevista la posa in opera di idonea contro camicia in lamierino di adeguato spessore per il contenimento del getto.

Il tubo di convogliamento sarà costituito da un tubo di acciaio di 20 – 25 cm di diametro interno, e da spezzoni non più lunghi di 2,5 m.

L'interno del tubo dovrà essere pulito, privo di irregolarità e strozzature, ed all'estremità superiore essere provvisto di tramoggia di capacità 0,4 – 0,6 m<sup>3</sup>.

Il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando la sua estremità inferiore a 30 – 60 cm dal fondo del foro.

Prima di installare tale tubo, è opportuna una nuova verifica della profondità del fondo foro e si dovrà accertare che lo spessore del deposito non superi i 20 cm, altrimenti si dovrà procedere alla pulizia previo sollevamento dell'armatura.

Le giunzioni dovranno essere del tipo filettato, senza manicotto, o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2 cm, sono escluse le giunzioni a flangia.

Per la presenza di fango bentonitico (ma anche nel caso in cui fosse presente acqua di falda), in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, prima di iniziare il getto si predisporrà un tappo formato con una palla di malta plastica, oppure con uno strato di vermiculite di 30 cm di spessore o con palline di polistirolo galleggianti sul liquido o con un pallone di plastica.

All'inizio del getto si dovrà predisporre di un volume di conglomerato cementizio pari a quello del tubo di convogliamento e di 3.0 – 4.0 m di palo.

Il tubo di convogliamento per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando una immersione minima di conglomerato cementizio di 2,5 m e massima di 6,0 m.

Il getto di calcestruzzo dovrà essere prolungato per almeno 0,5 – 1 m al di sopra della quota di progetto della testa del palo, per consentire di eliminare la parte superiore (scapitozzatura).

Tale operazione di scapitozzatura, si ritiene da eseguire sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del palo non rispondono a quelle previste.

In tal caso è onere dell'Impresa procedere al ripristino del palo sino alla quota di sottopinto.

#### **6.3.2.4. Pali trivellati con fanghi biodegradabili**

Valgono le indicazioni già riportate nel caso dei pali trivellati con fanghi bentonitici.

Il fango biodegradabile dovrà soddisfare le indicazioni riportate al punto 10.2.3.5.

#### **6.3.2.5. Pali trivellati con rivestimento provvisorio**

Per quanto riguarda le attrezzature di perforazione, queste dovranno soddisfare i requisiti riportati al punto 10.3.2.3.

La perforazione non dovrà essere approfondita al di sotto della scarpa del tubo di rivestimento.

In presenza di falda il foro dovrà essere tenuto costantemente pieno di acqua (o eventualmente di fango bentonitico), con livello non inferiore a quello della piezometrica della falda.

L'infissione sottoscarpa della colonna di rivestimento dovrà consentire di evitare rifluimenti da fondo foro.

La tubazione è costituita da tubi di acciaio di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni connessi tra loro mediante innesti speciali del tipo maschio-femmina.

L'infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta imprendole un movimento rototraslatorio mediante opportuna attrezzatura rotary e/o morsa azionata da comandi oleodinamici, oppure in terreni poco o mediamente addensati, privi di elementi grossolani e prevalentemente non-coesivi, applicando in sommità un vibratore di idonea potenza.

In quest'ultimo caso la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni, ma anche essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo.

È ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni, purché non risultino varchi nel tubo che possono dar luogo all'ingresso di terreno.

##### **6.3.2.5.1. Formazione del fusto del palo**

Valgono le indicazioni riportate nel punto 10.3.2.3.1.

#### **6.3.2.6. Pali trivellati ad elica continua armati dopo il getto**

Si utilizzeranno escavatori equipaggiati con rotary a funzionamento idraulico o elettrico montate su asta di guida, e dotate di dispositivo di spinta. L'altezza della torre e le caratteristiche della rotary (coppia, spinta) dovranno essere commisurate alla profondità da raggiungere.

La perforazione sarà eseguita mediante una trivella ad elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare.

L'anima centrale dell'elica deve essere cava, in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo. All'estremità inferiore dell'anima sarà posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto.

La perforazione avverrà di norma regolando coppia e spinta in modo da avere condizioni di infissione prossime al perfetto avvitemento. In ogni caso il volume di terreno estratto per caricamento della trivella deve essere non superiore al volume teorico della perforazione.

Qualora si riscontrassero rallentamenti della perforazione in corrispondenza di livelli di terreno intermedi o dell'eventuale strato portante inferiore, l'Impresa, con l'accordo della Direzione Lavori potrà:

- eseguire prefori di diametro inferiore al diametro nominale di pali;
- ridurre la lunghezza di perforazione.

#### **6.3.2.6.1. Formazione del fusto del palo**

Il calcestruzzo verrà pompato pneumaticamente entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione.

La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato.

Pertanto l'estrazione dell'asta di trivellazione deve essere effettuata ad una velocità congruente con la portata di calcestruzzo pompato, adottando tutti gli accorgimenti necessari ad evitare sbulbature, ovvero a evitare interruzioni del getto. In particolare il circuito di alimentazione del getto dovrà essere provvisto di un manometro di misura della pressione.

Durante l'operazione si dovrà verificare che la pressione sia mantenuta entro l'intervallo di 50÷150 KPa. Il getto dovrà essere prolungato fino a piano campagna, anche nei casi in cui la quota finita del palo sia prevista a quota inferiore.

La gabbia, verrà inserita a getto concluso mediante l'ausilio di un vibratore.

Dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad assicurare il centramento della gabbia entro la colonna di calcestruzzo appena formata. Se necessario, la gabbia dovrà essere adeguatamente irrigidita per consentirne la infissione.

L'operazione di infissione deve essere eseguita immediatamente dopo l'ultimazione del getto, prima che abbia inizio la presa del calcestruzzo.

#### **6.3.2.7. Pali trivellati ad elica continua armati prima del getto**

Valgono le prescrizioni di cui al punto 10.3.2.5.

##### **6.3.2.7.1. Formazione del fusto del palo**

L'armatura verrà inserita entro l'anima della trivella elicoidale, il cui diametro interno deve essere congruente con il diametro della gabbia di armatura.

All'interno della gabbia dovrà essere inserito un adeguato mandrino, da tenere contrastato sul dispositivo di spinta della rotary per ottenere l'espulsione del fondello a perdere, con effetto di precarica alla base del palo.

La gabbia dovrà essere costruita in conformità con il disegno di progetto e nel rispetto delle specifiche riportate al punto 10.2.3.1. Per il getto del calcestruzzo valgono le specifiche riportate nel punto 10.3.2.5.1.

### **6.4. PROVE DI CARICO**

#### **6.4.1. Generalità**

In seguito vengono fornite le indicazioni tecniche generali per l'esecuzione di prove di carico su pali.

Le prove di carico hanno principalmente lo scopo di:

- accertare eventuali deficienze esecutive nel palo;
- verificare i margini di sicurezza disponibili nei confronti della rottura del sistema palo-terreno;
- valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema palo-terreno.

Si definiscono:

- prove di collaudo le prove effettuate su pali e micropali facenti parte della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova ( $P_{max.}$ ) è in generale pari a 1.5 volte il carico di esercizio ( $P_{es}$ );
- prove a carico limite le prove effettuate su pali e micropali appositamente predisposti all'esterno della palificata, spinte fino a carichi di rottura del sistema palo-terreno o prossimi ad essa; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova ( $P_{max.}$ ) è in generale pari a 2.5÷3 volte il carico di esercizio ( $P_{es}$ );

Il numero e l'ubicazione dei pali e micropali da sottoporre ad eventuali prove di carico a rottura devono essere stabiliti in funzione dell'importanza dell'opera, dell'affidabilità, in termini quantitativi, dei dati geotecnici disponibili e del grado di omogeneità del terreno.

L'Impresa dovrà effettuare prove di carico assiale di collaudo sull'1% dei pali e micropali, con un minimo di almeno due pali o micropali per ogni opera.

I pali soggetti a prova di carico assiale potranno, a discrezione della D. L., essere sottoposti anche a prova di ammettenza meccanica per valutare, tramite correlazione, la capacità portante statica di pali soggetti solo a prove dinamiche; la prova di ammettenza meccanica non è prevista per i micropali.

Le caratteristiche dei pali o micropali di prova (lunghezza, diametro, modalità esecutive, caratteristiche dei materiali, ecc.) dovranno essere del tutto simili a quelle dei pali o micropali dimensionati in fase di progetto.

#### **6.4.2. Prove sui pali di grande diametro**

##### **6.4.2.1. Prove di carico assiale**

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista, in relazione alle finalità della prova stessa.

Di norma il massimo carico di prova  $P_{prova}$  sarà:

$$-P_{prova} = 1.5 P_{esercizio} \text{ per } D \leq 100 \text{ cm e } P_{prova} = 1,2 P_{esercizio} \text{ per } D > 100 \text{ cm}$$

$$-P_{prova} = P_{lim}$$

ove con  $P_{lim}$  si indica la portata limite dell'insieme palo-terreno.

##### **6.4.2.1.1. Attrezzatura e dispositivi di prova**

Il carico sarà applicato mediante uno o più martinetti idraulici, con corsa  $\geq 200$  mm, posizionati in modo da essere perfettamente centrati rispetto all'asse del palo.

I martinetti saranno azionati da una pompa idraulica esterna. Martinetti e manometro della pompa saranno corredati da un certificato di taratura recente ( $\approx 3$  mesi). Nel caso di impiego di più martinetti occorre che:

- i martinetti siano uguali;

\*56 l'alimentazione del circuito idraulico sia unica. La reazione di contrasto sarà di norma ottenuta tramite una zavorra la cui massa  $M$  dovrà essere non inferiore a 1.2 volte la massa equivalente al massimo carico di prova:

$$M \geq 1.2 \cdot P_{prova} / g = 0.12 P_{prova}$$

La zavorra sarà sostenuta con una struttura costituita da una trave metallica di adeguata rigidità sul cui estradosso, tramite una serie di traversi di ripartizione, vanno posizionati blocchi di cls o roccia.

In alternativa la zavorra potrà essere sostituita con:- pali di contrasto, dimensionati a trazione;- tiranti di ancoraggio collegati ad un dispositivo di contrasto.

In questi casi si avrà cura di ubicare i pali o i bulbi di ancoraggio dei tiranti a sufficiente distanza dal palo di prova (minimo 3 diametri).

L'Impresa, nel caso di prove di carico con pali di contrasto, dovrà redigere un progetto dettagliato delle prove di carico indicando numero, interassi, dimensioni, e lunghezza dei pali;

Qualora sia richiesto l'uso di una centralina oleodinamica preposta a fornire al/ai martinetti la pressione necessaria, questa dovrà essere di tipo sufficientemente automatizzato per poter impostare il carico con la velocità richiesta, variarla in caso di necessità e mantenere costante il carico durante le soste programmate.

Per misurare il carico applicato alla testa del palo si interporrà tra il martinetto di spinta ed il palo una cella di carico del tipo ad estensimetri elettrici di opportuno fondo scala.

Nel caso non fosse disponibile tale tipo di cella, il carico imposto al palo verrà determinato in base alla pressione fornita ai martinetti misurata con un manometro oppure, dove previsto, misurata con continuità da un trasduttore di pressione collegato al sistema di acquisizione automatico e, in parallelo, con un manometro.

Il manometro ed il trasduttore di pressione, se utilizzati, dovranno essere corredati da un rapporto di taratura rilasciato da non più di 3 mesi da un laboratorio ufficiale.

Lo strumento di misura dovrà avere fondo scala e precisione adeguati e non inferiore al 5% del carico applicato per i manometri e del 2% per le celle di carico. Se viene impiegato soltanto il manometro, il relativo quadrante dovrà avere una scala adeguata alla precisione richiesta.

È raccomandato l'inserimento di un dispositivo automatico in grado di mantenere costante ( $\pm 20$  kN) il carico applicato sul palo, per tutta la durata di un gradino di carico ed indipendentemente dagli abbassamenti della testa del palo.

Per la misura dei cedimenti, saranno utilizzati tre comparatori centesimali, con corsa massima non inferiore a 50 mm, disposti a  $\approx 120^\circ$  intorno all'insieme palo-terreno.

Il sistema di riferimento sarà costituito da una coppia di profilati metallici poggianti su picchetti infissi al terreno ad una distanza di almeno 3 diametri dal palo. Il sistema sarà protetto dall'irraggiamento solare mediante un telo sostenuto con un traliccio di tubi innocenti.

Preliminarmente all'esecuzione delle prove saranno eseguiti cicli di misure allo scopo di determinare l'influenza delle variazioni termiche e/o di eventuali altre cause di disturbo. Dette misure, compreso anche il rilievo della temperatura, saranno effettuate per un periodo di 24 ore con frequenze di 2 ore circa.

#### 6.4.2.1.2. **Preparazione della prova**

I pali prescelti saranno preparati mediante regolarizzazione della testa previa scapitozzatura del cls e messa a nudo del fusto per un tratto di  $\approx 50$  cm.

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite n. 3 staffe metalliche, a  $120^\circ$ , per la successiva apposizione dei micrometri.

Sopra la testa regolarizzata si stenderà uno strato di sabbia di circa 3 cm di spessore, oppure una lastra di piombo.

Si provvederà quindi a poggiare una piastra metallica di ripartizione del carico di diametro adeguato, in modo da ricondurre la pressione media sul conglomerato a valori compatibili con la sua resistenza a compressione semplice.

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 diametri dall'asse del palo.

L'altezza dei due appoggi deve essere sufficiente a consentire il posizionamento dei martinetti e dei relativi centratori e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti (h min. = 1.5 m).

Tra i martinetti e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave o struttura di contrasto farà capo a pali o tiranti di ancoraggio.

#### 6.4.2.1.3. **Programma di carico**

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alla finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede due cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

##### 1° CICLO

a) Applicazione di "n" ( $n \geq 4$ ) gradini di carico successivi, di entità pari a  $\delta P$ , fino a raggiungere il carico  $P_{e5}$ .

b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

- t = 0 (applicazione del carico)- t = 2'
- t = 4'
- t = 8'



\*57 t = 15'

Si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore.

Il cedimento è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive (t = 15'):

$$\delta s \leq 0.025 \text{ mm.}$$

Per il livello corrispondente a  $P_{es}$  il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 4 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a:

- t = 0'- t = 5'- t = 10'- t = 15'

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a:

- t = 30'- t = 45'- t = 60' 2° CICLO a) Applicazione di "m" ( $m \geq 9$ ) gradini di carico  $\delta P$  fino a raggiungere il carico  $P_{prova}$  (o  $P_{lim}$ ).

b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al punto "b" del 1° Ciclo.

c) Il carico  $P_{prova}$ , quando è minore di  $P_{lim}$ , sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini (di entità  $3 \delta P$ ) con misure a:

- t = 0'- t = 5'- t = 10'- t = 15' A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a t = 60'; una lettura finale sarà effettuata 12 ore dopo che il palo è stato completamente scaricato.

Si considererà raggiunto il carico limite  $P_{lim}$ , e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando risulti verificata una delle seguenti condizioni:

- cedimento ( $P_{lim}$ )  $\geq 2$  cedimento ( $P_{lim} - \delta P$ ) - cedimento ( $P_{lim}$ )  $\geq 0.10$  diametri.

#### 6.4.2.1.4. Risultati della prova

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

- il n. del palo con riferimento ad una planimetria;
- l'orario di ogni singola operazione;
- la temperatura;
- il carico applicato;
- il tempo progressivo di applicazione del carico;
- le corrispondenti misure di ogni comparatore;
- i relativi valori medi;
- le note ed osservazioni.

Le tabelle complete delle letture tempo – carico - cedimento costituiranno il verbale della prova.

Le date e il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati alla Direzione Lavori con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio.

La documentazione fornita dall'esecutore della prova dovrà comprendere i seguenti dati:

- tabelle complete delle letture tempo – carico - cedimento che le indicazioni singole dei comparatori e la loro media aritmetica; (Sono richieste anche le fotocopie chiaramente leggibili della documentazione originale di cantiere ("verbale")).

\*58 diagrammi carichi-cedimenti finali per ciascun comparatore e per il valore medio; diagrammi carichi-cedimenti (a carico costante) per ciascun comparatore e per il valore medio;

- numero di identificazione e caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro);
- stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati);
- geometria della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, ecc.);
- disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione;
- scheda tecnica del palo, preparata all'atto dell'esecuzione.

- relazione tecnica riportante l'elaborazione dei dati e l'interpretazione della prova medesima nonché l'individuazione del carico limite con il metodo dell'inverse pendenze.

#### **6.4.2.2. Prove di carico su pali strumentati**

Quando richiesto, le prove di carico assiali, oltre che per definire la curva carico-cedimento alla testa del palo, avranno lo scopo di valutare l'entità e la distribuzione del carico assiale e della curva di mobilitazione dell'attrito lungo il palo. Pertanto dovranno essere predisposte una serie di sezioni strumentate nel fusto del palo, e anche alla base del palo stesso. I dispositivi indicati nel presente paragrafo sono pertanto da considerarsi aggiuntivi rispetto a quanto descritto nel punto 10.4.

Per i pali strumentati, ad ultimazione del getto, verrà eseguito un controllo generale della strumentazione per verificare l'integrità a seguito delle operazioni di realizzazione del palo.

Ulteriori controlli con registrazione dei dati verranno eseguiti a 7, 14 e 28 giorni ed immediatamente prima della prova di carico. Quest'ultima costituirà la misura di origine per le successive letture.

##### **6.4.2.2.1. Attrezzature e dispositivi di prova**

Lungo il fusto del palo saranno predisposte delle sezioni strumentate il cui numero e la cui ubicazione sarà stabilito di volta in volta in accordo con la Direzione Lavori. In ogni caso dovranno essere previste almeno 4 sezioni strumentate.

Indicativamente la sezione strumentata superiore sarà ubicata in prossimità della testa del palo, esternamente al terreno.

Qualora non fosse possibile realizzare la sezione strumentata di testa al di sopra del piano lavoro, dopo l'esecuzione del palo si procederà ad isolare il palo dal terreno circostante fino alla quota della sezione strumentata di testa; in questo caso la sezione strumentata di testa sarà posizionata il più vicino possibile al piano lavoro.

Le dimensioni geometriche di questa sezione strumentata dovranno essere accuratamente misurate prima delle prove. Tale sezione consentirà di avere indicazioni sul modulo del calcestruzzo in corrispondenza dei vari gradini di carico e sarà di riferimento per il comportamento di tutte le altre.

Ogni sezione strumentata sarà costituita da almeno 3 estensimetri elettrici disposti su di una circonferenza, a circa 120° l'uno dall'altro.

Le celle estensimetriche saranno fissate all'armatura longitudinale e protette dal contatto diretto con il calcestruzzo.

Esse saranno corredate di rapporto di taratura rilasciato da un laboratorio ufficiale. Per ogni sezione strumentata si ammetteranno tolleranze non superiori a 10 cm rispetto alla quota teorica degli estensimetri elettrici.

La punta del palo verrà strumentata mediante una cella di carico costituita da estensimetri elettrici.

La sezione verrà ubicata alla distanza di circa 1 diametro dalla base del palo.

La misura degli spostamenti alla base del palo verrà realizzata con un estensimetro meccanico a base lunga. Esso misurerà le deformazioni relative tra la base e la testa del palo.

L'ancoraggio dello strumento sarà posizionato alla quota degli estensimetri elettrici e la misura sarà riportata in superficie mediante un'asta di acciaio rigida avente coefficiente di dilatazione termica comparabile con quello del calcestruzzo.

Sarà eliminato il contatto con il calcestruzzo circostante mediante una tubazione rigida di acciaio di circa 1" di diametro esterno.

Particolare cura sarà posta nel rendere minimo l'attrito tra asta interna e tubazione esterna utilizzando, ad esempio, distanziali di materiale antifrizione e altri sistemi analoghi, prestando attenzione ad usarne un numero sufficiente, ma non eccessivo.

Occorrerà garantire una perfetta tenuta tra l'ancoraggio ed il tubo esterno al fine di evitare intrusioni di calcestruzzo nell'intercapedine asta-tubo di protezione all'atto del getto. Come per gli altri tipi di tubazione anche questa sarà portata sino in superficie a fuoriuscire dalla testa del palo a fianco della piastra di ripartizione.

In questo punto verranno installati dei trasduttori di spostamento lineari con fondo scala di circa 20÷30 mm e precisione dello 0.2% del fondo scala, per la misura in continuo degli spostamenti relativi fra il tubo di protezione (testa del palo) e l'ancoraggio solidale alla base del palo.

La testa di questo strumento andrà adeguatamente protetta contro avverse condizioni atmosferiche, contro urti meccanici accidentali e contro le variazioni di temperatura.

Gli estensimetri andranno fissati alle staffe dell'armatura e saranno dotati di barre di prolunga in acciaio da entrambi i lati non inferiori a 50 cm.

Gli strumenti saranno adeguatamente protetti da possibili urti del tubo getto con rinforzi e protezioni in acciaio da definirsi sul posto.

Tutti i cavi elettrici provenienti dagli estensimetri dovranno essere protetti dal diretto contatto meccanico con i ferri d'armatura.

Normalmente si farà in modo che le tubazioni da inserire nella gabbia siano simmetricamente disposte all'interno della sezione. L'uscita dei cavi dalla testa del palo non dovrà costituire un ingombro alle operazioni successive.

Le modalità di installazione e protezione dei cavi saranno comunicate alla Direzione Lavori.

#### **6.4.2.3. Preparazione ed esecuzione della prova**

Si applicano integralmente le specifiche di cui al punto 10.4.2.1.2 e seguenti.

#### **6.4.2.4. Prove di carico laterale**

Queste prove dovranno essere effettuate nel caso in cui ai pali di fondazione sia affidato il compito di trasmettere al terreno carichi orizzontali di rilevante entità.

Il numero ed i pali da sottoporre a prova sarà definito dal progettista e/o concordato con la Direzione Lavori.

Nella esecuzione delle prove ci si atterrà alle prescrizioni già impartite per le prove di carico assiale (vedi punto 10.4.2.1), salvo quanto qui di seguito specificato.

Il contrasto sarà di norma ottenuto utilizzando un palo di caratteristiche geometriche analoghe, distante almeno 3 diametri.

Il martinetto sarà prolungato mediante una trave di opportuna rigidità. Gli spostamenti saranno misurati su entrambi i pali. Si utilizzeranno per ciascun palo 2 coppie di comparatori centesimali fissati alla stessa quota; la prima coppia sarà disposta in posizione frontale rispetto alla direzione di carico; la seconda coppia sarà disposta in corrispondenza dell'asse trasversale alla direzione di carico.

Per la misura delle deformazioni durante la prova di carico, la Direzione Lavori indicherà i pali nei quali posizionare, prima del getto, dei tubi inclinometrici.

Si utilizzeranno tubi in alluminio a 4 scanalature, diametro d 81/76 mm, resi solidali alla gabbia di armatura a mezzo di opportune legature.

Le misure saranno effettuate con una sonda inclinometrica perfettamente efficiente, di tipo bi-assiale, previo rilevamento delle torsioni iniziali del tubo-guida.

Se richiesto dalla Direzione Lavori anche i pali sottoposti a prove di carico laterale potranno avere sezioni strumentate con estensimetri elettrici a varie profondità.

#### **6.4.3. Prove non distruttive**

**Scopo dei controlli non distruttivi è quello di verificare le caratteristiche geometriche e meccaniche** dei pali, non compromettendone l'integrità strutturale. A tale scopo potrà essere richiesta l'esecuzione di:

- A) prove geofisiche;
- B) carotaggio continuo meccanico;
- C) scavi attorno al fusto del palo.

Per tutti i controlli non distruttivi l'Impresa provvederà a sottoporre alla approvazione della Direzione Lavori le specifiche tecniche di dettaglio.

#### **6.4.3.1. Prove geofisiche**

Possono essere eseguite mediante emissione di impulsi direttamente alla testa del palo o lungo il fusto entro fori precedentemente predisposti.

**Il primo tipo di controllo potrà essere eseguito per qualsiasi tipo di palo; il secondo sarà applicato** ai soli pali trivellati di diametro > 800 mm.

Il numero dei controlli sarà di volta in volta stabilito dalla Direzione Lavori anche in relazione alla importanza dell'opera, al tipo di palo, alle caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni di fondazione e alle anomalie riscontrate durante l'esecuzione dei pali.

I pali da sottoporre a controllo mediante prove geofisiche saranno prescelti dalla Direzione Lavori.

Prove geofisiche da testa palo verranno eseguite dall'Impresa a sua cura, sotto il controllo della Direzione Lavori, sul 15% del numero totale dei pali e comunque su tutti quei pali ove fossero state riscontrate inosservanze rispetto a quanto prescritto dal presente Capitolato.

Con riferimento ai soli pali trivellati, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura, sotto il controllo della Direzione Lavori, all'esecuzione di controlli eseguiti entro fori precedentemente predisposti, sul 5% del numero totale dei pali con un minimo di due.

Sui pali prescelti per tali prove, lungo il fusto dovrà essere predisposta, prima delle operazioni di getto, l'installazione di tubi estesi a tutta la lunghezza del palo, entro cui possono scorrere le sonde di emissione e ricezione degli impulsi.

I tubi saranno solidarizzati alla gabbia di armatura, resi paralleli tra loro e protetti dall'ingresso di materiali.

Gli stessi saranno almeno due per pali aventi diametro  $d \leq 1200$  mm ed almeno tre per diametri superiori.

Le prove dovranno essere eseguite alternando entro i fori le posizioni delle sonde trasmettente e ricevente.

#### **6.4.3.2. Carotaggio continuo meccanico**

Il carotaggio dovrà essere eseguito con utensili e attrezzature tali da garantire la verticalità del foro e consentire il prelievo continuo allo stato indisturbato del conglomerato e se richiesto del sedime d'imposta.

Allo scopo saranno impiegati doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a 60 mm.

Nel corso della perforazione dovranno essere rilevate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti, indicando in dettaglio la posizione e il tipo delle fratture, le percentuali di carotaggio, le quote raggiunte con ogni singola manovra di avanzamento.

Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisico-meccaniche e chimiche.

Al termine del carotaggio si provvederà a riempire il foro mediante boiaccia di cemento immessa: dal fondo foro.

Il carotaggio si eseguirà a cura dell'Impresa, quando ordinato della Direzione Lavori, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle indicazioni riportate nel presente Capitolato e alle disposizioni della medesima.

#### **6.4.3.3. Scavi attorno al fusto del palo**

Verranno richiesti ogni qualvolta si nutrano dubbi sulla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4.0 – 5.0 m di palo.

Il fusto del palo dovrà essere messo a nudo e pulito con un violento getto d'acqua e reso accessibile all'ispezione visiva.

Successivamente si provvederà a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva.

Tali operazioni saranno eseguite, a cura e spese dell'Impresa, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle indicazioni riportate nel presente Capitolato e alle disposizioni della Direzione Lavori.

### **6.5. SPECIFICHE DI CONTROLLO**

### 6.5.1. Generalità

La seguente specifica si applica alle varie tipologie di pali di fondazione precedentemente descritte.

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e più specificatamente, quella di progetto quali disegni, specifiche tecniche, ecc..

Sono altresì comprese tutte le Norme tecniche vigenti in materia.

Le procedure delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e dovrà essere incrementata in ragione delle difficoltà tecniche e realizzative.

La Normativa di riferimento per esercitare i seguenti controlli, è indicata nel seguente prospetto:

- D.M. 14/01/2008;
- D.M. 11/03/1988;
- AGI- Raccomandazioni sui pali di fondazione (1984);
- Norme UNI 7163 – 1979;
- DIN – 4150.

L'Impresa dovrà attrezzare con le predisposizioni necessarie per l'effettuazione di controlli non distruttivi di tipo sonico (per pali di medio e grande diametro) il 30% dei pali realizzati.

Questi infatti, sono prove da eseguirsi su pali prescelti prima della loro esecuzione, in quanto devono essere attrezzati con tubazioni (uno o più) da annegare nel getto di calcestruzzo, aventi diametro interno non inferiore a 1" ½.

Dovrà inoltre prevedersi di assoggettare a prove di carotaggio continuo, in asse palo, con prelievo di carote, sull'1% del totale dei pali eseguiti.

Nel caso di esito negativo delle prove, le stesse dovranno essere incrementate nella misura richiesta dalla D. L..

### 6.5.2. Pali infissi

**Per i pali infissi gettati in opera e per i pali prefabbricati in cantiere, si dovrà verificare che ogni** lotto di armature posto in opera, sia accompagnato dai relativi certificati del fornitore, e comunque essere conforme alle prescrizioni previste in progetto.

In assenza di tali certificazioni il materiale non potrà essere posto in opera.

Per quanto riguarda il calcestruzzo, questo potrà provenire già preconfezionato da appositi fornitori, oppure essere prodotto in cantiere con opportune centrali di betonaggio.

In entrambi i casi il calcestruzzo dovrà soddisfare alle indicazioni previste in progetto e del punto 10.2.3.3 del presente Capitolato.

La D. L. avrà la facoltà di fare eseguire prove per la verifica delle caratteristiche dei materiali.

Per quanto riguarda i pali realizzati mediante l'infissione di rivestimenti metallici, questi dovranno soddisfare le indicazioni riportate nel punto 10.2.3.2 del presente Capitolato.

Nel caso sia previsto un rivestimento protettivo per la camicia metallica, si dovrà che questo sia presente su tutto il rivestimento e sia al tempo stesso integro nonché rispondente alle indicazioni di progetto e del presente Capitolato.

Nel caso di impiego di pali infissi prefabbricati in stabilimento, ogni lotto utilizzato dovrà essere accompagnato dai relativi certificati per l'armatura metallica utilizzata e per il calcestruzzo impiegato (Rck).

L'Impresa dovrà operare in maniera tale che per ogni palo prefabbricato sia rintracciabile il lotto corrispondente di materiale impiegato.

In assenza di tali certificazioni i manufatti corrispondenti non potranno essere posti in opera.

La D. L. avrà la facoltà di fare eseguire prove per la verifica delle geometrie e delle caratteristiche dei materiali.

I pali infissi dovranno essere realizzati nel rispetto delle tolleranze che sono riportate in corrispondenza dei punti 10.3.1.1.1 e 10.3.1.2.1 del presente Capitolato, rispettivamente per ciascuna tipologia di palo impiegato.

Per ciascun palo l'Impresa dovrà redigere una scheda dove verrà riportato quelli che sono i risultati dei controlli delle tolleranze, ed inoltre dovrà essere riportato:

\*59 n. progressivo del palo così come riportato nella planimetria di progetto;

- \*60 data di infissione;
- \*61 dati tecnici dell'attrezzatura;
- \*62 informazioni relative alla locale stratigrafia;
- \*63 tempo di infissione;
- \*64 rifiuto ogni 0,1 m negli ultimi 4 m, e ogni 1 m nel tratto precedente;
- \*65 profondità di progetto;
- \*66 rifiuti per eventuale ribattitura;
- \*67 eventuale strumentazione e posizione della stessa per il controllo dell'efficienza del battipalo e della velocità terminale del maglio;
- \*68 controllo delle vibrazioni (DIN – 4150);
- \*69 risultati delle eventuali prove richieste dalla D. L.;
- \*70 caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto e lotto di appartenenza dello stesso.

Nel caso di pali battuti gettati in opera, oltre ai precedenti controlli:

- \*71 data del getto;
- \*72 tipo di tappo impiegato;
- \*73 quantità di calcestruzzo posto in opera nella formazione dell'eventuale bulbo e fusto;
- \*74 misura dello "slump" (per ogni betoniera o per ogni 10 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera);
- \*75 numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa, così come indicato nel presente Capitolato, ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- \*76 geometria delle gabbie di armatura;
- \*77 eventuali ulteriori prove richieste dalla Direzione Lavori.

### **6.5.3. Pali trivellati**

**Per i pali trivellati, si dovrà verificare che ogni lotto di armatura posto in opera, sia accompagnato** dai relativi certificati del fornitore, e comunque essere conforme alle prescrizioni previste per tale materiale.

In assenza di tali certificazioni il materiale non potrà essere posto in opera.

Per quanto riguarda il calcestruzzo, questo potrà provenire già preconfezionato da appositi fornitori, oppure essere prodotto in cantiere con opportune centrali di betonaggio.

In entrambi i casi il calcestruzzo dovrà soddisfare alle indicazioni previste in progetto e del punto 10.2.3.3 del presente Capitolato. La D. L. avrà la facoltà di fare eseguire prove per la verifica delle caratteristiche dei materiali.

Nel caso si venga ad impiegare un rivestimento di acciaio si dovrà verificare che questo presenti le caratteristiche così come indicato in progetto e nel presente Capitolato (punti 10.2.3.2 e 10.3.2.5).

Durante le operazioni di getto si dovrà verificare che queste vengano effettuate secondo le modalità riportate al punto 10.3.2.3.1.

Per ciascun palo l'Impresa dovrà redigere una scheda dove verranno riportati i risultati dei controlli delle tolleranze (punto 10.3.2.1), ed inoltre dovranno essere riportati i risultati dei seguenti controlli:

- \*78 n. progressivo del palo così come riportato nella planimetria di progetto;
- \*79 informazioni relative alla locale stratigrafia;
- \*80 dati tecnici dell'attrezzatura;
- \*81 data di inizio e fine perforazione, nonché di inizio e fine getto;
- \*82 eventuali impieghi dello scalpello o altri utensili per il superamento di zone cementate o rocciose e corrispondente profondità di inizio e fine tratta;
- \*83 profondità di progetto;
- \*84 profondità effettiva raggiunta dalla perforazione, e la stessa prima di calare il tubo getto;

\*85 risultati dei controlli eseguiti sull'eventuale fango di perforazione e della presenza dell'eventuale contro camicia;

\*86 additivi usati per il fango;

\*87 caratteristiche dell'eventuale rivestimento metallico;

\*88 il rilievo della quantità di calcestruzzo impiegato per ogni palo. Il rilievo dose per dose (dose = autobetoniera) dell'assorbimento di calcestruzzo e del livello raggiunto dallo stesso entro il foro in corso di getto, sarà fatto impiegando uno scandaglio a base piatta, su almeno i primi 10 pali e sul 10% dei pali successivi. In base a questo rilievo potrà essere ricostituito l'andamento del diametro medio effettivo lungo il palo (profilo di getto).;

\*89 misura dello "slump" (per ogni betoniera o per ogni 10 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera);

\*90 numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa, così come indicato nel presente Capitolato, ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;

\*91 geometria delle gabbie di armatura;

\*92 risultati delle eventuali prove effettuate e richieste dalla D. L.;

\*93 caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto e lotto di appartenenza dello stesso.

\*94 I risultati dell'operazione di scapitozzatura e dell'eventuale ripristino del palo sino alla quota di sottoplinto.

#### **6.5.3.1. Controllo del fango bentonitico**

Per il controllo della qualità del fango si eseguiranno, a cura e spese dell'Impresa e in contraddittorio con la Direzione Lavori, determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche:

- a) peso di volume;
- b) viscosità MARSH;
- c) contenuto in sabbia;

ripetendo le misure con la frequenza e le modalità di prelievo sotto indicate.

Fanghi freschi maturati (determinazione delle caratteristiche a e b):

\*95 prelievo nella vasca di maturazione con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi.

Fanghi in uso, nel corso della escavazione (determinazione della caratteristica A):

\*96 prelievo entro il cavo, mediante campionatore, alla profondità sovrastante di 50 cm quella raggiunta dall'escavazione al momento del prelievo, con frequenza di un prelievo per ogni elemento (palo o pannello di diaframma) al termine dell'attraversamento degli strati più sabbiosi o al termine delle operazioni di scavo.

Fanghi prima dell'inizio del getto del conglomerato cementizio (determinazione delle caratteristiche a e c):

- prelievo mediante campionatore, alla profondità di 80 cm sopra il fondo dello scavo con frequenza di prelievo per ogni elemento da eseguire dopo che le armature metalliche ed il tubo di convogliamento sono già stati posti in opera. La Direzione Lavori potrà richiedere ulteriori controlli delle caratteristiche dei fanghi bentonitici impiegati, in particolare nella fase iniziale di messa a punto delle lavorazioni.

L'Impresa dovrà disporre in cantiere di una adeguata attrezzatura di laboratorio per il controllo del peso specifico o di volume, della viscosità, del contenuto in sabbia, del pH, dell'acqua libera, e dello spessore del "cake";

mentre per la constatazione delle seguenti caratteristiche:

- residui al setaccio n. 38 della serie UNI n. 2331 - 2332;
- tenore di umidità;
- limite di liquidità;
- decantazione della sospensione al 6%;

si ricorrerà a cura e spese dell'Impresa, a Laboratorio Ufficiale.

#### **6.5.3.2. Prove di controllo**

Caratteristiche e modalità d'uso delle apparecchiature che dovranno essere a disposizione in cantiere.

### **6.5.3.3. Misure del peso specifico o di volume**

Si userà di regola una bilancia che consiste in un'asta graduata in g/l imperniata al basamento e munita ad un estremo di contrappeso ed all'altro di un contenitore per il fango. Quest'ultimo una volta riempito di fango sarà chiuso con un coperchio forato.

Si garantirà il completo riempimento del contenitore facendo in modo che del fango fuoriesca dal foro.

Successivamente si avrà cura di pulire l'esterno del contenitore e del coperchio.

Si sposterà il cursore posto sull'asta finché questa assumerà una posizione orizzontale, individuata dalla bolla della livella montata sull'asta.

In tale posizione si leggerà direttamente sull'asta il peso di volume del fango racchiuso nel contenitore.

Per la taratura si riempirà il contenitore di acqua distillata controllando che il peso di volume indicato dal cursore corrisponda a 1000 g/l; in caso contrario si toglieranno o aggiungeranno dei pallini di piombo nel corpo del contrappeso. L'approssimazione delle misure dovrà essere di  $\pm 5$  g/l.

#### **6.5.3.3.1. Misura della viscosità**

Si userà di regola l'imbuto di Marsh che consiste in un recipiente tronco - conico, avente la forma e le dimensioni seguenti: diametro della base superiore 152 mm (611), altezza del tronco di cono 305 mm (1211); base inferiore costituita da ugello cilindrico di diametro interno 4,76 mm (3/1611) e altezza 50,8 mm (211). Si riempirà l'imbuto tenendo manualmente otturato il tubicino.

Durante il riempimento si avrà cura di fare passare il fango attraverso la reticella che è posta sulla bocca del recipiente permettendo così il filtraggio delle eventuali impurità.

La viscosità del fango sarà determinata misurando il tempo di deflusso del contenuto del cono compreso tra il livello corrispondente ad un riempimento di 1500 cm<sup>3</sup> e il livello corrispondente 500 cm<sup>3</sup>.

#### **6.5.3.3.2. Misura del pH**

Questa misura si effettuerà usando delle speciali cartine reagenti dotate della capacità di assumere per ogni valore del pH un particolare colore.

Dopo avere immerso la cartina nel fango, si confronterà il colore che la cartina ha assunto con quelli di riscontro: il corrispondente colore indicherà il valore del pH del fango.

Si avrà cura di non toccare con le mani la cartina reagente per non falsare la misura.

#### **6.5.3.3.3. Misura del contenuto in sabbia**

Si userà di regola un sabbimetro costituito da: una provetta conica graduata, un imbuto ed un filtro con rete a 200 MESH.

Si riempirà di fango la provetta fino al primo livello; poi si aggiungerà acqua fino al secondo livello indicato sulla provetta stessa. Si otturerà con il pollice la bocca della provetta e si agiterà energicamente in modo da diluire il fango con l'acqua. Si verserà il contenuto della provetta attraverso il filtro avendo cura di sciacquare la provetta con acqua pulita.

Si porrà quindi l'imbuto sulla provetta lavata e su di esso si disporrà il filtro rovesciato in modo che tutte le parti sabbiose trattenuti cadano nella provetta.

Lavando il filtro con acqua pulita si farà scendere tutta la sabbia nella provetta e la si farà decantare.

Si leggerà direttamente sulla graduazione della provetta il contenuto percentuale volumetrico in sabbia del fango esaminato.

#### **6.5.3.3.4. Misura dell'acqua libera e dello spessore del "cake"**

Si userà una filtropressa che è di regola costituita da un telaio sul quale viene alloggiato un contenitore cilindrico munito superiormente di una apposita vite di blocco ed inferiormente di un tubicino che lo collega ad un cilindretto graduato.

Il contenitore a sua volta è composto, dal basso verso l'alto, dai seguenti elementi: un basamento, nel quale è inserito il tubicino; una guarnizione di gomma; una reticella; un disco di carta filtro; un'altra guarnizione di



gomma; una cella; una terza guarnizione di gomma; un coperchio (predisposto per essere collegato ad una bomboletta di CO<sub>2</sub>).

Per l'uso si assemblerà la cella con il basamento avendo cura di usare ogni volta un disco di carta da filtro nuovo.

Quindi si riempirà la cella con fango fino a 6 mm dal bordo superiore della cella.

Poi si monterà il coperchio e si alloggerà la cella nel telaio bloccandola permanente con la vite di pressione. Poi si monterà la bomboletta di CO<sub>2</sub> e si darà pressione alla cella controllando che la pressione della cella sia di 7 bar.

Nello stesso momento in cui si darà pressione si farà scattare il cronometro e si misurerà l'acqua che esce dal tubicino posto al fondo della base della cella.

L'acqua sarà raccolta nel cilindretto graduato. Le misure in cm<sup>3</sup> verranno effettuate dopo 30 minuti primi ed indicheranno il valore di acqua libera del fango esaminato.

Finita la prova si estrarrà la carta da filtro e si misurerà lo spessore in millimetri del pannello di fango (cake) formatosi sul filtro.

#### **6.5.3.4. Controllo del fango biodegradabile**

Per il controllo di qualità del fango, a cura dell'Impresa e in contraddittorio con la Direzione Lavori, si eseguiranno determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche:

\*97 densità del fango biodegradabile fresco;

\*98 densità del fango biodegradabile e viscosità del fango pronto per l'impiego;

\*99 prova di decadimento.

I suddetti controlli verranno effettuati con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi, tranne che la prova di decadimento, che dovrà essere eseguita con frequenza settimanale, presso il laboratorio di cantiere.

La formula prevista e studiata dall'Impresa, potrà essere assoggettata ad ulteriori prove se richieste dalla D.L.

#### **6.5.4. Pali trivellati ad elica**

Per i materiali impiegati valgono le indicazioni riportate al punto 10.5.3.

Per ciascun palo l'Impresa dovrà redigere una scheda dove dovranno essere riportati i controlli delle tolleranze (punto 10.3.2.1) ed inoltre dovranno essere riportati i risultati dei seguenti controlli:

- n. progressivo del palo così come riportato nella planimetria di progetto;

\*100 informazioni relative alla locale stratigrafia;

\*101 dati tecnici dell'attrezzatura;

\*102 data di inizio e fine perforazione, nonché di inizio e fine getto;

\*103 tempi di perforazione per tratte successive di 5 m, e di 1 m nel tratto finale;

\*104 profondità di progetto;

\*105 profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;

\*106 il rilievo della quantità di calcestruzzo impiegato per ogni palo;

\*107 misura dello "slump" (per ogni betoniera o per ogni 10 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera);

\*108 numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa, così come indicato nel presente Capitolato, ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;

\*109 geometria delle gabbie di armatura;

\*110 spinta del mandrino, misurata durante l'estrazione della trivella;

\*111 risultati delle eventuali prove effettuate e richieste dalla D. L.;

\*112 caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto e lotto di appartenenza dello stesso.

Nel caso si vengano a riscontrare delle differenze stratigrafiche rispetto alla situazione nota, o di particolari anomalie riscontrate nei tempi di perforazione, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto, l'Impresa dovrà procedere al riesame della progettazione e dovrà definire gli eventuali provvedimenti (modifica del numero e profondità dei pali, esecuzione dei prefiori, ecc.) che dovranno essere concordati con la Direzione Lavori.

## 7. PREFABBRICATI

## **7.1. GENERALITÀ**

Con struttura prefabbricata si intende una struttura realizzata mediante l'associazione, e/o il completamento in opera, di più elementi costruiti in stabilimento o a piè d'opera.

Ove già non presenti in progetto l'impiego dei manufatti prefabbricati è subordinato alla preventiva approvazione dalla Direzione Lavori.

I manufatti prefabbricati dovranno essere costruiti sotto la direzione di un tecnico a ciò abilitato, che per essi assume le responsabilità stabilite dalla legge per il direttore dei lavori.

A cura di detto tecnico dovranno essere eseguiti i prelievi di materiali, le prove ed i controlli di produzione sui manufatti finiti con le modalità e la periodicità previste dalle presenti Norme.

**I certificati delle prove saranno conservati dal produttore, che opera con sistemi di qualità certificati.**

La relazione tecnica e di calcolo dovrà essere firmata da un tecnico a ciò abilitato, il quale assume con ciò le responsabilità stabilite dalla legge per il progettista.

I manufatti prefabbricati utilizzati e montati dall'Appaltatore apparterranno ad una delle 3 categorie di produzione previste dal citato Decreto (D.M. dei LL.PP. del 03/12/1987):

\*113 manufatti di serie «dichiarata»;

\*114 manufatti di serie «controllata»;

\*115 manufatti prodotti in stabilimento o a piè d'opera per le specifiche esigenze dell'opera in corso di realizzazione.

Per serie "dichiarata" si intende la produzione in serie eseguita in stabilimento, dichiarata tale dal produttore conforme alle vigenti norme e per la quale è stato effettuato il deposito ai sensi dell'art. 9 della legge del 05/01/1971 n. 1086, ovvero sia stata rilasciata la certificazione di idoneità di cui agli articoli 1 e 7 della legge del 02/02/1974 n. 64.

Per tipologie di prodotti non rientranti nel campo di applicazione della legge del 05/11/1971 n. 1086, e/o per le quali non ricorre l'applicazione degli articoli 1 e 7 della legge del 02/03/1974 n. 64, il produttore dovrà parimenti provvedere al deposito degli elaborati tecnici afferenti la produzione presso il Ministero dei Lavori Pubblici - Servizio tecnico centrale.

Per serie "controllata" si intende la produzione in serie che, oltre ad avere i requisiti specificati per quella "dichiarata", sia eseguita con procedure che prevedono verifiche sperimentali su prototipo e controllo della produzione.

Per i manufatti di produzione occasionale, ancorché prodotti in stabilimento, si applicheranno le Norme e le Leggi nonché i controlli previsti per le strutture gettate in opera.

L'esame e la verifica, da parte della Direzione Lavori, dei progetti delle opere e dei certificati degli studi preliminari di qualificazione, non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Quindi resta stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione Lavori, l'Appaltatore rimane l'unico e diretto responsabile delle opere a termine di legge, pertanto sarà tenuto a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

## **7.2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Per l'accettazione, i controlli di qualità, la progettazione, l'esecuzione e il collaudo di questi manufatti, ed in particolare quelli prodotti in serie, valgono le prescrizioni contenute nelle seguenti Normative:

\*116 Istruzioni C.N.R. 10025/84 "Istruzioni per il progetto, l'esecuzione e il controllo delle strutture prefabbricate in conglomerato cementizio e per le strutture costruite con sistemi industrializzati".

\*117 D.M. dei Lavori Pubblici del 03/12/1987 "Norme tecniche emanate in applicazione dell'art. 1 e 3 della Legge del 02/02/1974 n. 64";

\*118 Circolare del 16/03/1989 n. 31104;

\*119 D.M. del 14/02/1992 n. 55 "Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge del 05/11/1971 n. 1086";

\*120 D.M. del 14/01/2008 "Norme Tecniche per le costruzioni".

\*121 UNI 9858: "Calcestruzzo. Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità"

\*122 UNI 8991 "Durabilità delle opere e manufatti in calcestruzzo"

### 7.3. PRODOTTI DI SERIE

Tutte le forniture di componenti strutturali prodotti in **serie controllata** potranno essere accettate senza ulteriori controlli dei materiali, né prove di carico dei componenti isolati, se accompagnati da

\*123 un certificato di origine firmato dal produttore e dal tecnico responsabile della produzione e attestante che gli elementi sono stati prodotti in serie controllata e recante in allegato copia del relativo estratto del registro di produzione e degli estremi dei certificati di verifica preventiva del Laboratorio Ufficiale. Il certificato dovrà garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata al Ministero dei LL.PP., e portare l'indicazione del tecnico che ne risulta, come sopra detto, progettista. Con tale certificato il produttore e il tecnico responsabile della produzione assumono per i manufatti stessi le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore e direttore lavori;

\*124 apposite istruzioni nelle quali vengano esposte le modalità di trasporto e montaggio, nonché le caratteristiche ed i limiti di impiego dei manufatti stessi.

Per i componenti strutturali prodotti in **serie dichiarata** si deve verificare che esista una dichiarazione di conformità rilasciata dal produttore.

È facoltà del D.L. prevedere prove di carico in stabilimento del singolo elemento prefabbricato per i prodotti in serie dichiarata. 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 dalla Direzione Lavori in modo da avere deformazioni significative, compatibilmente con le dimensioni del pezzo da provare. Questa prova andrà condotta su 3 dei primi pezzi prodotti per poter eventualmente intervenire immediatamente sulla produzione.

I prodotti di serie dichiarata dovranno altresì essere accompagnati da apposite istruzioni nelle quali vengano esposte le modalità di trasporto e montaggio, nonché le caratteristiche ed i limiti di impiego dei manufatti stessi.

Ad ogni effetto si richiamano qui espressamente gli articoli 6 e 9 della legge 5/11/1971 n°1086 relativamente all'obbligo di allegare alla relazione del Direttore dei Lavori copia del certificato d'origine dei manufatti, alle responsabilità assunte dalle Ditte produttrici con il deposito della documentazione di cui ai punti a), b), c), d), del citato art. 9, nonché per quanto attinente a prelievi di materiali, prove e controlli in fase di produzione.

### 7.4. PRODOTTI IN STABILIMENTO O A PIÈ D'OPERA

Per i manufatti di produzione occasionale, ancorché prodotti in stabilimento, si farà riferimento alle prescrizioni di cui sotto e a quanto previsto in:

\*125 Articolo "Calcestruzzi" delle presenti Norme Tecniche

\*126 Articolo "Acciai da c.a." delle presenti Norme Tecniche

\*127 D.M. 03.12.1987

\*128 D.M. 14/01/2008.

#### 7.4.1. Impianti di prefabbricazione e modalità esecutive

Gli impianti di prefabbricazione, siano essi in stabilimento che a piè d'opera, e le modalità esecutive dovranno essere sottoposti al controllo preventivo ed approvazione della Direzione Lavori.

Tale controllo consisterà nella verifica sull'idoneità di:

\*129 attrezzature da usare nella prefabbricazione quali: impianti di betonaggio, casseforme, piani vibranti, spazi di produzione e di stoccaggio, ecc.;

\*130 modalità esecutive quali: tempi e modi di produzione, metodi di vibrazione, metodi di stagionatura, ecc.

#### 7.4.2. Controllo sulle casseforme

Le casseforme dovranno rispondere alle seguenti tolleranze dimensionali (S = deviazione ammissibile):

\*131 lunghezza:  $S = \pm L/1000$  (minimo 10 mm);

\*132 sezione (altezza, larghezza, ali):  $S = \pm L/200$  (minimo 2 mm);

\*133 spessore anima:  $S = \pm L/200$  (minimo 2 mm).

#### **7.4.3. Controlli sul posizionamento delle armature**

Le tolleranze di posizionamento dell'armatura sono:

\*134 armature in prossimità delle superfici (con il segno + si indica una maggiore distanza dalle superfici): -  
 $0\text{cm} \leq S \leq + 0.5\text{cm}$ ;

\*135 armature interne cui è affidata la resistenza strutturale: il maggiore tra  $S = \pm 0.25\text{cm}$  e  $S = \pm h/100$  (essendo h lo spessore in cm del calcestruzzo nella direzione dove lo scarto dell'armatura riduce la resistenza strutturale);

\*136 armature interne costruttive: il maggiore tra  $S = \pm 1.0\text{cm}$  e  $S = \pm h/50$ .

Lo scarto S deve in ogni caso essere inferiore a 3 cm nel caso di armature ordinarie e di 2 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.

#### **7.4.4. Calcestruzzo**

Il calcestruzzo per il confezionamento degli elementi prefabbricati dovrà avere le prestazioni indicate negli elaborati progettuali e comunque la resistenza caratteristica di progetto non sarà inferiore a 35 MPa, nonché dovrà essere confezionato per la classe di esposizione ambientale 3 + 5b conformemente alla UNI 9858.

Per i controlli sul cls si farà riferimento all'articolo "Calcestruzzi" delle presenti Norme Tecniche.

#### **7.4.5. Esecuzione getto**

Si farà riferimento all'articolo "Calcestruzzi" delle presenti Norme Tecniche.

#### **7.4.6. Stagionatura**

Si farà riferimento all'articolo "Calcestruzzi" delle presenti Norme Tecniche.

La maturazione accelerata dei conglomerati cementizi con trattamento termico sarà permessa nel rispetto del D.M. 03.12.1987.

#### **7.4.7. Scassero**

Prima di procedere allo scassero si dovrà verificare che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza richiesta per questa operazione. Per eventuali azioni si dovrà tenere conto l'attrito della cassaforma, azioni chimiche, azioni dinamiche, posizione dei punti di sollevamento, ecc. In mancanza di determinazioni più precise si assumerà che gli sforzi siano dovuti al peso proprio maggiorato del 30%. Tale condizione vale anche per la verifica delle condizioni di sollecitazione all'intorno del punto di sollevamento, anche per l'eventuale armatura di frettaggio.

#### **7.4.8. Controlli in corso d'opera**

La Direzione Lavori potrà prescrivere prove sperimentali, il cui onere spetta all'Appaltatore, atte a prevedere il comportamento della struttura da realizzare con tali manufatti, avuto particolare riguardo alla durata nel tempo, alla efficienza dei collegamenti, agli effetti dei fenomeni di ritiro e viscosità e dei carichi alternati o ripetuti.

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 dei controlli, che sarà dettagliato dalla Direzione Lavori, dovrà prevedere almeno le seguenti verifiche:

\*137 il controllo dimensionale rigoroso di un elemento ogni dieci prodotti;

\*138 la misura della deformata all'atto della precompressione di tutti gli elementi prodotti; andranno misurate sia l'accorciamento assiale che le contro frecce in un numero significativo di punti. Per un elemento ogni cinque questa misura andrà ripetuta dopo la tesatura e poi settimanalmente per tutta la fase di stoccaggio del pezzo.

#### **7.4.9. Stoccaggio**

I materiali dovranno essere posti a stoccaggio in maniera propria, e più precisamente:

\*139 si dovrà evitare qualsiasi danneggiamento;

\*140 si dovrà evitare la costante esposizione di una parte del manufatto a condizioni sistematicamente diverse della rimanente (esposizione al sole, ecc.);

\*141 si dovrà evitare che i punti di appoggio inducano o favoriscano deformazioni lente che possano pregiudicare l'esatto posizionamento e/o una variazione dimensionale tale da pregiudicare il montaggio stesso e/o un rilassamento dei cavi di precompressione non ammissibile.

Dovranno essere comunicati preventivamente alla Direzione Lavori il tempo minimo e massimo di stoccaggio. Ciascun elemento dovrà essere marcato in maniera permanente, mediante un numero di matricola che ne permetta l'univoca identificazione.

#### **7.4.10. Trasporto e montaggio**

Modalità e tempi di trasporto e montaggio del manufatto dovranno essere tali da evitare danneggiamenti allo stesso. Parimenti le modalità di trasporto e montaggio dovranno essere oggetto di studio in fase di progettazione e dovranno essere esplicitamente indicate, insieme alle tolleranze di montaggio, negli elaborati costruttivi del manufatto.

Per i ganci di sollevamento in barre da c.a. si farà riferimento all'Articolo "Acciai da c.a." delle presenti Norme Tecniche.

Nella fase di posa e regolazione degli elementi prefabbricati si devono adottare gli accorgimenti necessari per ridurre le sollecitazioni di natura dinamica conseguenti al movimento degli elementi e per evitare forti concentrazioni di sforzo.

I dispositivi di regolazione devono consentire il rispetto delle tolleranze previste nel progetto, tenendo conto sia di quelle di produzione degli elementi prefabbricati, sia di quelle di esecuzione dell'unione.

Gli eventuali dispositivi di vincolo impiegati durante la posa se lasciati definitivamente in sito non devono alterare il corretto funzionamento dell'unione realizzata e comunque generare concentrazioni di sforzo.

Nel caso di travi prefabbricate di lunghezza L, salvo più restrittive specifiche progettuali che saranno indicate nei disegni costruttivi del manufatto, andranno rispettati i seguenti limiti (S = scarto ammissibile) nel montaggio:

\*142 posizionamento appoggi nel senso longitudinale:  $S = \pm L/2000$  (minimo  $\pm 1\text{cm}$ );

\*143 posizionamento appoggi nel senso trasversale:  $S \leq \pm 1\text{cm}$ ;

\*144 posizionamento altimetrico appoggi : assoluto  $S \leq \pm 0.5\text{cm}$ ; relativo tra appoggi di uno stesso impalcato lungo un asse appoggi  $S \leq \pm 1\text{mm}$ ;

\*145 parallelismo piani di appoggio travi pulvino:  $S \leq \pm 0.003\text{rad}$ .

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.

Nel rispetto delle vigenti norme antinfortunistiche i mezzi di sollevamento dovranno essere proporzionati per la massima prestazione prevista nel programma di montaggio; inoltre nella fase di messa in opera dell'elemento prefabbricato fino al contatto con gli appoggi, i mezzi devono avere velocità di posa commisurata con le caratteristiche del piano di appoggio e con quella dell'elemento stesso. La velocità di discesa deve essere tale da poter considerare non influenti le forze dinamiche di urto.

In presenza di getti integrativi eseguiti in opera, che concorrono alla stabilità della struttura anche nelle fasi intermedie, il programma di montaggio sarà condizionato dai tempi di maturazione richiesti per questi, secondo le prescrizioni di progetto.

L'elemento può essere svincolato dall'apparecchiatura di posa solo dopo che è stata assicurata la sua stabilità.

L'elemento deve essere stabile di fronte all'azione del:

\*146 peso proprio;

\*147 vento;

\*148 azioni di successive operazioni di montaggio;

\*149 azioni orizzontali convenzionali.

L'attrezzatura impiegata per garantire la stabilità nella fase transitoria che precede il definitivo completamento dell'opera deve essere munita di apparecchiature, ove necessarie, per consentire, in condizioni di sicurezza, le operazioni di registrazione dell'elemento (piccoli spostamenti delle tre coordinate, piccole rotazioni, ecc.) e,

dopo il fissaggio definitivo degli elementi, le operazioni di recupero dell'attrezzatura stessa, senza provocare danni agli elementi stessi.

Deve essere previsto dall'Appaltatore un ordine di montaggio tale da evitare che si determinino strutture temporaneamente labili o instabili nel loro insieme, e se ne deve dare preventiva documentazione alla Direzione Lavori.

La corrispondenza dei manufatti al progetto sotto tutti gli aspetti rilevabili al montaggio (forme, dimensioni e relative tolleranze) sarà verificata dalla Direzione Lavori, che escluderà l'impiego di manufatti non rispondenti.

#### **7.4.11. Appoggi**

Gli appoggi devono essere tali da soddisfare le condizioni di resistenza dell'elemento appoggiato, dell'eventuale apparecchio di appoggio e del sostegno, tenendo conto delle variazioni termiche, della deformabilità delle strutture e dei fenomeni lenti.

Per elementi di solaio o simili deve essere garantita una profondità dell'appoggio, a posa avvenuta, conforme agli elaborati progettuali e comunque non inferiore a 3 cm se è prevista in opera la formazione della continuità dell'unione, e non inferiore a 5 cm se definitivo. Per appoggi discontinui (nervature, denti) i valori precedenti vanno raddoppiati.

Per le travi, la profondità minima dell'appoggio definitivo deve essere conforme agli elaborati progettuali e comunque non inferiore a  $(8 + L/300)$  cm, essendo «L» la luce netta della trave in centimetri.

#### **7.5. ONERI SPECIFICI DELL'APPALTATORE**

Oltre a tutti gli oneri di cui alle presenti Norme Tecniche sono a completo carico dell'Appaltatore tutti gli oneri, nessuno escluso, per dare il lavoro compiuto a perfetta regola d'arte, tra cui, a titolo esemplificativo e non esaustivo:

- \*150 gli elaborati costruttivi degli elementi prefabbricati con le indicazioni relative a stoccaggio, trasporto e posa in opera dei manufatti;
- \*151 effettuare le lavorazioni anche con soluzione di continuità;
- \*152 subordinare le operazioni di posa in opera alle indicazioni fornite dal monitoraggio in corso d'opera;
- \*153 provvedere alla mobilitazione di attrezzature in numero, potenza e capacità operativa tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti; le attrezzature dovranno essere altresì le più idonee alle condizioni ambientali, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni interessati;
- \*154 adottare tutti gli accorgimenti necessari ad attenuare i disturbi alle persone derivanti dalle vibrazioni e dai rumori connessi alle attività in corso, e ad evitare danni a opere e manufatti preesistenti;
- \*155 eseguire tutti i controlli e le prove prescritti dalle presenti Norme Tecniche, così come quelli integrativi che a giudizio della Direzione Lavori, si rendessero necessari per garantire le qualità e le caratteristiche prestazionali previste nel progetto,
- \*156 realizzare tutte le opere provvisorie che si rendesse necessario costruire per la presenza vicino all'opera di fabbricati e/o manufatti;
- \*157 adottare tutti i provvedimenti previsti nel piano di sicurezza e coordinamento;
- \*158 riparazione di eventuali danni causati, nonché le prestazioni di personale idoneo nel caso di necessità.



## 8. PONTI, VIADOTTI E SOTTOVIA

### 8.1. GENERALITÀ

L'oggetto della presente sezione riguarda le diverse tipologie strutturali di realizzazione dei ponti, dei viadotti e dei sottovia, e l'insieme degli elementi costruttivi che li compongono.

Sarà cura dell'Appaltatore procedere alla redazione del piano operativo di cantiere per il sollevamento/varo (detto anche piano di montaggio) delle strutture costituenti ponti e viadotti. Tale piano sarà coerente con le indicazioni fornite in merito dagli elaborati costituenti il progetto esecutivo e dovrà scrupolosamente attenersi a queste per quanto riguarda i seguenti punti:

- \*159 tempistica di attuazione delle operazioni;
- \*160 caratteristiche geometriche, meccaniche e statiche degli elementi provvisori quali, martinetti, carri varo, pile provvisorie, ecc.;
- \*161 caratteristiche delle attrezzature e dei mezzi d'opera da utilizzare;
- \*162 raggiungimento delle resistenze dei cls indicate nel progetto esecutivo;
- \*163 posizionamento del carro varo in relazione alle fasi di avanzamento della costruzione;
- \*164 pesi delle parti costituenti il carro varo;
- \*165 posizione e peso dei contrappesi indicati nel progetto;
- \*166 posizione e caratteristiche meccaniche delle barre ad alta resistenza per collegamenti provvisori.
- \*167 attuazione delle distorsioni indotte al fine di minimizzare i fenomeni di fluage in termini di forze e spostamenti applicati alla struttura.

Il piano operativo di cantiere per il sollevamento/varo sarà accompagnato da un piano operativo di monitoraggio topografico da effettuare sulla struttura e finalizzato al controllo topografico in corso di costruzione. Il piano di monitoraggio topografico sarà basato sulle deformazioni calcolate in sede di progettazione esecutiva e dovrà riportare:

- \*168 la geometria dell'impalcato nelle singole fasi costruttive (ovvero per ogni posa di concio e per ogni applicazione della distorsione sugli appoggi) in funzione delle deformazioni indotte dalle sollecitazioni agenti e dalle variazioni volumetriche differite del cls;
- \*169 le tolleranze ammissibili sui valori delle deformazioni di progetto in funzione delle caratteristiche dell'opera stessa;
- \*170 i metodi di controllo della temperatura sulle facce delle travi.

Il piano operativo di cantiere di sollevamento/varo ed il relativo piano di monitoraggio, ferma restando l'esclusiva e totale responsabilità dell'Appaltatore, dovranno essere preventivamente trasmessi al Coordinatore per l'Esecuzione ed alla Direzione Lavori con congruo anticipo sull'attività di montaggio. Dopo l'approvazione e prima della fase di montaggio, l'Appaltatore dovrà dare comunicazione alla D.L. della data di inizio dei lavori.

Tutti i macchinari, le attrezzature e le procedure lavorative dovranno rispondere alle prescrizioni indicate dalla vigente normativa in materia di prevenzione infortuni ed igiene del lavoro (D.lgs. 626/94, D.lgs. 494/96, ecc.)

In particolare, poiché i cantieri in esame ricadono nell'ambito di applicazione del D.lgs. 494/96 e successive modifiche ed integrazioni, tutte le operazioni di realizzazione dell'infrastruttura dovranno essere eseguite in conformità a quanto indicato nel Piano di Sicurezza e Coordinamento e sotto la supervisione del Coordinatore per l'Esecuzione: quindi anche i piani di montaggio e di monitoraggio dovranno essere parte del Piano di Sicurezza e Coordinamento.

Ogni variazione in difformità alle indicazioni progettuali sarà supportata da relazioni con conseguenti modifiche degli elaborati progettuali. Gli elaborati così modificati saranno firmati dall'Appaltatore e sottoposti all'esame del Direttori Lavori per preventiva approvazione.

Le prove di carico prescritte dalle specifiche contrattuali, dai documenti di progetto ed eventualmente richieste dalla Direzione Lavori in base a motivate esigenze tecniche, così come quelle previste dalle leggi vigenti, saranno eseguite a cura dell'Appaltatore.

Nella esecuzione dei lavori l'Appaltatore dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, le opere provvisorie, i ponteggi in quantità e tipologia adeguate sia alla esecuzione dei lavori che alla effettuazione di controlli ed ispezioni.

Sarà cura dell'Appaltatore eseguire o far eseguire tutte le prove ed i controlli previsti, così come quelli aggiuntivi che la Direzione Lavori ritenesse necessari ad assicurare la rispondenza del lavoro eseguito alle specifiche ed agli standard qualitativi prefissati.

Per consentire la effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'Appaltatore dovrà provvedere alla installazione in cantiere di uno o più laboratori attrezzati per la esecuzione delle prove previste. Il laboratorio di cantiere dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al quantitativo di prove da eseguire.

Le prove da eseguire ai sensi della legge 5 novembre 1971 N. 1086 dovranno essere effettuate presso laboratori ufficiali autorizzati.

Nel caso di lavori da eseguire in presenza d'acqua sarà cura dell'Appaltatore provvedere con i mezzi più adeguati all'aggettamento ed al contenimento della stessa o, in alternativa, sarà sua cura adottare gli accorgimenti necessari, previa informazione alla Direzione Lavori, per l'esecuzione dei lavori in presenza d'acqua.

I materiali e i magisteri non espressamente richiamati nel presente articolo saranno conformi agli articoli appositamente redatti e costituenti le presenti Norme Tecniche.

Le strutture, sia in calcestruzzo che in carpenteria metallica, prefabbricate in stabilimenti esterni, prima dell'inoltro in cantiere dovranno essere sottoposte alle prove di controllo qualità e, ove richiesto, alle prove di pre assemblaggio.

L'esame e la verifica, da parte della Direzione Lavori, dei progetti delle opere e dei certificati degli studi, non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Quindi resta stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione Lavori, l'Appaltatore rimane l'unico e diretto responsabile delle opere a termine di legge, pertanto sarà tenuto a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

## **8.2. PONTI E VIADOTTI IN CARPENTERIA METALLICA**

### **8.2.1. Posa in opera manufatti prefabbricati**

Le strutture prefabbricate (conci in cls, travi o conci metallici) saranno varate nella loro posizione definitiva mediante sollevamento longitudinale o trasversale a mezzo di carroponete, carrelli, gru, derrick, blondin, ecc. o con combinazioni varie di questi sistemi e mezzi.

L'eventuale impiego di elementi strutturali metallici o in conglomerato cementizio, semplice od armato, normale o precompresso, con funzione di cassaforma persa per il getto delle solette, sbalzi e traversi di impalcato, dovrà essere previsto in sede di progetto esecutivo. In assenza di indicazioni esaustive sarà cura dell'Appaltatore eseguire le opportune integrazioni dandone evidenza alla Direzione Lavori.

### **8.2.2. Martinetti provvisori**

La documentazione tecnica relativa ai martinetti sarà trasmessa dall'Appaltatore alla Direzione Lavori con congruo anticipo rispetto alle operazioni di varo. Nella documentazione dovranno essere chiaramente riportate le specifiche prestazionali del martinetto con chiara indicazione dei seguenti dati:

La curva di calibrazione forza/pressione del martinetto determinata in Laboratorio Ufficiale non anteriore di 3 mesi.

La forza massima di esercizio. Tale valore dovrà essere non inferiore a 1,5 volte il valore massimo previsto in sede progettuale.

La corsa massima di esercizio. Tale valore deve essere non inferiore a 1,5 volte il valore massimo previsto in sede progettuale.

Il Costruttore.

I dati tecnici dell'apparecchio prescelto.

I martinetti costituenti un'unica linea di appoggio saranno collegati da un sistema centralizzato di controllo automatico delle pressioni capace di assicurare in ogni istante il mantenimento e la omogenea distribuzione delle forze nei singoli martinetti.

### **8.2.3. Collegamenti provvisori con barre tipo Dywidag**

Nei conci prefabbricati e nei pulvini saranno previsti gli alloggiamenti per le barre ad alta resistenza aventi funzione di collegamento provvisorio impalcato/pila ed impalcato/carro-varo.

Il numero e le caratteristiche geometriche e meccaniche delle barre saranno conformi alle indicazioni fornite negli elaborati del progetto esecutivo.

Dopo il completamento del montaggio le cavità impiegate per l'alloggiamento delle barre provvisorie e dei ganci di sollevamento saranno riempite con malta reoplastica a ritiro compensato aventi le caratteristiche indicate nell'Articolo dedicato facente parte delle presenti Norme Tecniche.

### **8.2.4. Montaggio**

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto, a tale riguardo, è previsto nella relazione di calcolo e nel piano di montaggio che, ferma restando la totale ed esclusiva responsabilità dell'Appaltatore, con congruo anticipo sull'inizio dei montaggi, dovrà essere trasmesso alla Direzione Lavori.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito e il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano deformate o sovrasollecitate.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto. In particolare si dovrà controllare che la contro freccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni del piano di montaggio, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata, ed in particolare:

\*171 per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;

\*172 per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi e sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tramvie, ecc.;

\*173 per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

## **8.3. VERNICIATURE E/O IMPERMEABILIZZAZIONE**

Si rimanda agli articoli specifici facenti parte delle presenti Norme Tecniche.

## **8.4. APPARECCHI D'APPOGGIO**

### **8.4.1. Generalità**

Gli apparecchi d'appoggio possono essere del tipo fisso o mobile, per la realizzazione, rispettivamente, dei vincoli di "cerniera" e di "carrello – cerniera" e dovranno rispondere alle prescrizioni di cui al D.M. 9 gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato, normale, precompresso e per le strutture metalliche" ed alle "Istruzioni per il calcolo e l'impiego degli apparecchi di appoggio da fornire nelle costruzioni", C.N.R. - UNI 10018.

Inoltre dovranno rispondere a quanto prescritto dal D.M. del Ministero dei LL.PP. in data 4 maggio 1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali" e sue istruzioni emanate con circolare Ministero LL.PP. n. 34233 del 25/2/1991.

In ogni caso l'Appaltatore dovrà presentare un apposito certificato, rilasciato da un Laboratorio Ufficiale, comprovante le caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati.

Dovranno risultare agevoli: la periodica ispezione, la manutenzione e l'eventuale sostituzione.

L'Appaltatore dovrà tener conto, nei propri programmi di lavori, dei tempi necessari per le operazioni di fornitura e montaggio degli apparecchi di giunto oltre che per tutte le predisposizioni sopraindicate.

I laboratori per le prove saranno indicati dalla D. L..

La Direzione Lavori autorizzerà la posa in opera dei dispositivi solo dopo aver completato con esito positivo le prove di accettazione. Nella fornitura degli apparecchi di appoggio saranno inclusi anche quegli apparecchi che la D. L. intenderà sottoporre alle prove distruttive previste nel paragrafo "8.4.7". L'onere della fornitura degli apparecchi da sottoporre a prove di qualificazione e l'onere delle prove stesse è a carico dell'Appaltatore. Gli apparecchi sottoposti a prove distruttive saranno allontanati dopo la prova indipendentemente dall'esito della stessa.

L'esame e la verifica, da parte della Direzione Lavori, dei progetti delle opere e dei certificati degli studi preliminari, non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Quindi resta stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione Lavori, l'Appaltatore rimane l'unico e diretto responsabile delle opere a termine di legge, pertanto sarà tenuto a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

#### **8.4.2. Qualificazione**

In sede di qualifica l'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile all'approvazione della Direzione Lavori la seguente documentazione per ogni diversa tipologia di apparecchio di appoggio:

\*174 Una relazione tecnica e di calcolo che illustri il comportamento meccanico dei singoli componenti dell'apparecchio e l'aderenza ai requisiti prestazionali individuati nel progetto esecutivo.

\*175 Le prove di laboratorio effettuate dal Costruttore;

\*176 Documentazione di apparecchi analoghi installati dal costruttore negli ultimi 5 anni.

\*177 Sistema di qualità ISO9001 del Costruttore dei dispositivi valida per gli ultimi 5 anni.

\*178 Le caratteristiche tecniche;

\*179 Le modalità di posa in opera;

\*180 Il piano di manutenzione e monitoraggio;

\*181 Gli elaborati di progetto del dispositivo.

Il progetto del dispositivo dovrà contenere:

- a) l'indicazione delle escursioni e delle rotazioni previste per gli apparecchi nelle singole fasi di funzionamento. Dovranno essere esposti separatamente i contributi dovuti alle azioni permanenti ed accidentali, alle variazioni termiche, alle deformazioni viscosi (laddove non compensate con distorsioni di progetto), al ritiro del calcestruzzo e alla geometria curvilinea dell'impalcato;
- b) l'indicazione delle caratteristiche di mobilità richieste per gli apparecchi, in funzione dei dati di cui al punto a) e di un congruo franco di sicurezza, che dovrà essere espressamente indicato;
- c) l'indicazione della tolleranza ammessa per l'orizzontalità ed il parallelismo dei piani di posa degli apparecchi;
- d) l'indicazione della prerogolazione da effettuare sugli apparecchi al momento del montaggio, in funzione della temperatura ambiente e della stagionatura del calcestruzzo al momento della posa;
- e) la verifica statica dei singoli elementi componenti l'apparecchio e la determinazione della pressione di contatto;
- f) l'indicazione dei materiali componenti l'apparecchio, con riferimento, ove possibile, alle norme UNI;
- g) l'indicazione dei materiali componenti l'apparecchio, con riferimento, ove possibile alle norme UNI;

- b) l'indicazione delle modalità di collegamento dell'apparecchio al pulvino ed alla struttura d'impalcato e degli eventuali accorgimenti da adottare per il montaggio provvisorio;
- c) il piano di monitoraggio e di manutenzione degli apparecchi installati;
- d) i certificati delle prove e dei collaudi interni eseguiti dal Costruttore degli apparecchi di appoggio.

#### 8.4.3. Materiali e norme di accettazione

In linea di massima le caratteristiche dei materiali dovranno essere le seguenti:

- a) Acciaio laminato: Sarà della classe Fe37, Fe 43 o Fe52 - grado D delle norme UNI 7070-72
- b) Acciaio fuso a getti: Sarà della classe FeG520 delle norme UNI 3158-1977.
- c) Acciaio inossidabile.

Lamiere per superfici di scorrimento: acciaio della classe X5 Cr Ni Mo 17/12 delle norme UNI 6903-1971.

Il materiale, sottoposto a prove di corrosione secondo le norme UNI 4261-1966 non dovrà dare luogo ad ossidazioni a  $60^{\circ}\text{C} \pm 2$ , senza agitazione, per 4 giorni consecutivi.

La faccia a contatto con il PTFE dovrà essere lucidata fino a rugosità Ra 0,1 $\mu$  (UNI 3963).

d) Elastomeri

Elastomero alternato ad acciaio: sarà conforme alle norme C.N.R. - UNI 10018-72-85.

Elastomero per cuscinetti incapsulati: sarà realizzato con mescole a base di neoprene aventi le seguenti caratteristiche:

- resistenza a trazione,  $\geq 10\text{N/mm}^2$  [ $100\text{ Kg/cm}^2$ ] (UNI 6065-67);
- allungamento a rottura,  $\geq 300\%$  (UNI 6065-67);
- deformazione permanente a compressione (UNI4913), (50%;24h;70°C)  $\leq 20\%$ ;
- durezza Shore (come da UNI 4916-74).

e) Politetrafluoroetilene (PTFE).

Per le superfici di scorrimento.

Sarà tassativamente di tipo vergine, di primo impiego, senza aggiunte di materiale rigenerato o di additivi, prodotto per libero deposito e non addensato.

Le caratteristiche del PTFE, determinato secondo le norme UNIPLAST 5819-1966, saranno le seguenti:

- densità:  $2,13 \div 2,23\text{ g/cm}^3$ ;
- resistenza a trazione ( $23^{\circ}\text{C}$ ),  $\geq 24\text{ N/mm}^2$  [ $240\text{ Kg/cm}^2$ ];
- allungamento a rottura ( $23^{\circ}\text{C}$ )  $\geq 300\%$ ;
- durezza Shore (come da UNI 4916-74).

f) Grasso di silicone per la lubrificazione delle superfici.

Le superfici di scivolamento (PTFE ed acciaio inox) dovranno essere lubrificate nelle zone di scorrimento ma non in quelle di rotazione.

Si dovranno prevedere apposite cavità per l'accumulo del lubrificante che sarà costituito da grasso al silicone che conservi la sua efficacia fino a  $-35^{\circ}\text{C}$ .

Detto grasso non dovrà resinificare né aggredire i materiali costituenti le superfici di scorrimento. Esso dovrà essere in particolare conforme alle seguenti norme:

- penetrazione su campione rimaneggiato,  $240 \div 295\text{ dmm}$  (Din 51804);
- punto di congelamento,  $\leq -50^{\circ}\text{C}$  (DIN 51556);
- essudazione (Bleeding) 24h a  $150^{\circ}\text{C}$ ,  $\leq 3\%$  (US-Fed.T.M. Std 791.321.2).

g) Altri materiali

L'impiego di materiali diversi da quelli indicati, da quali alluminio e acciaio cromato, (su supporto Fe52 grado D) è subordinato alle seguenti condizioni:

- \*182 documentazione da parte dell'Appaltatore delle caratteristiche di materiali e delle referenze sulle loro precedenti applicazioni in campi analoghi;
- \*183 proposte da parte dell'Appaltatore di specifiche tecniche e norme di accettazione da sottoporre all'approvazione dell'Impresa,
- \*184 in ogni caso le caratteristiche di resistenza alla corrosione e quelle di attrito delle superfici a contatto, dovranno essere analoghe a quelle ottenibili con i materiali precedentemente descritti.

#### **8.4.4. Prove sui materiali**

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di intervenire alle operazioni di collaudo, e quella di svolgere ispezioni nell'officina, per verificare la rispondenza dei materiali impiegati ai documenti di collaudo e la regolarità delle lavorazioni.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di prelevare, durante la lavorazione, campioni di materiali da sottoporre alle prove di accettazione. Tali prove si svolgeranno presso i Laboratori ufficiali designati dalla D.L.

Tutti i materiali da impiegare nella costruzione degli apparecchi di appoggio saranno sottoposti, prima dell'inizio della lavorazione, a collaudo tecnologico, a cura e spese dell'Appaltatore, secondo le norme di accettazione riportate nel punto precedente.

#### **8.4.5. Fabbricazione**

##### 1. Acciaio inossidabile.

La lamiera di acciaio inossidabile, costituente la superficie a contatto con il PTFE, sarà collegata alla piastra di scorrimento in acciaio mediante saldatura (cordone continuo) o avvitamento (viti o rivetti inossidabili), in maniera tale che sia resistente al taglio.

Nel caso si impieghino delle viti o i rivetti, la lastra di scorrimento di acciaio dovrà essere protetta sufficientemente contro la corrosione, con le misure indicate al punto successivo, anche nella zona coperta dalla lamiera inossidabile.

##### *Superfici di scorrimento orizzontale.*

Lo spessore della lamiera di acciaio inossidabile dipenderà dalla differenza, nella direzione del movimento prevalente, fra le dimensioni della lastra di acciaio e della superficie di PTFE, per evitare fenomeni di increspatura dell'acciaio dovuti a eccessiva lunghezza libera della lastra.

| Differenza di dimensioni | Spessore minimo della lastra di acciaio |
|--------------------------|---|
| Fino a 600 mm            | 2,5 mm                                  |
| più di 600 mm            | 3,0 mm                                  |

Tale spessore sarà conforme alle seguenti condizioni:

##### *Superfici curve.*

Lo spessore della lamiera di acciaio inossidabile sarà di 2,5 mm nel caso di collegamento o con viti o rivetti; di 1,5 mm nel caso di collegamento con saldatura.

##### 2 PTFE.

Le guarnizioni di PTFE per le superfici di scorrimento orizzontali saranno incassate nelle apposite sedi e fissate con idoneo adesivo.

Esse saranno composte o di una superficie unica o di pattini (strisce) della larghezza minima di 5 cm, con interasse non superiore a due volte lo spessore della piastra rivestita in acciaio inossidabile a contatto con i pattini.

Nei rivestimenti delle guide degli organi di ritegno le dimensioni delle strisce potranno scendere fino a 15 mm.

Lo spessore totale del PTFE, della parte incassata e di quella fuoriuscente dalla sede sarà variabile con le dimensioni in pianta della lastra.

| Dimensioni max. superficie PTFE (diametro o diagonale della lastra) | Spessore minimo totale | Spessore parte fuoriuscente |
|---|------------------------|-----------------------------|
| fino a 600 mm   | 4,5 mm                 | mm 2,0 ± 0,2                |
| 600 ÷ 1200 mm   | 5,0 mm                 | mm 2,5 ± 0,2                |
| oltre 1200 mm   | 6,0 mm                 | mm 3,0 ± 0,2                |

I valori di questi spessori si ricaveranno come segue :

Nel caso di pattini, di diagonale non eccedente i 600 mm, lo spessore sarà di mm 4 di cui mm 2 ± 0,2 fuoriuscenti.

L'impiego di strisce di PTFE semplicemente incollato è consentito solo nella calotta sferica; il rivestimento di PTFE dovrà essere preformato in un sol pezzo con la stessa sagoma dell'alloggiamento.

In questo caso lo spessore del PTFE potrà essere limitato a mm 2 ± 0,2.

Il materiale usato per l'incollaggio dovrà fornire una forza di adesione al supporto di almeno 0,40 Kg. per millimetro di larghezza nella prova di strappo innescato con un angolo di 90°.

Il progetto dell'apparecchio dovrà essere tale che, anche durante la massima escursione, la piastra superiore dovrà sempre ricoprire interamente quella rivestita di PTFE.

*a) Pressioni ammissibili.*

Per le superfici di scorrimento orizzontali si ammetteranno le seguenti pressioni:

- con carichi permanenti, 30 N/mm<sup>2</sup> [300 Kg/cm<sup>2</sup>];
- con carico massimo, 45 N/mm<sup>2</sup> [450 Kg/cm<sup>2</sup>];

Per i listelli di guida, che saranno sempre senza tasche per il grasso, la pressione ammissibile sarà di 60 N/mm<sup>2</sup> [600 Kg/cm<sup>2</sup>]; se i carichi non agiscono in modo permanente.

In caso contrario verranno le limitazioni per le superfici di scorrimento orizzontali.

Per i rivestimenti delle calotte sferiche si ammetteranno le seguenti pressioni:

- con carichi permanenti, 17 N/mm<sup>2</sup> [170 Kg/cm<sup>2</sup>];
- con carico massimo 25 N/mm<sup>2</sup> [250 Kg/cm<sup>2</sup>]

*b) Cavità per il lubrificante di grasso al silicone.*

La profondità di questa cavità non potrà essere maggiore dello spessore di PTFE sporgente al di fuori dell'alloggiamento. Nel calcolo delle pressioni sul PTFE la sua superficie verrà considerata interamente, senza escludere l'area delle cavità.

3. Coefficiente d'attrito

L'Appaltatore dovrà fornire i diagrammi del coefficiente d'attrito, previsto per gli appoggi da essa forniti, al variare della pressione di contatto sul PTFE nelle peggiori condizioni di funzionamento prevedibile (indicativamente a -30°C e con movimenti a bassa velocità, conseguenti a fenomeni di dilatazione, e alta velocità conseguente ad evento sismico).

4. Parti in composizione saldata.

La Direzione Lavori stabilirà il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire sulle saldature, sia in corso di elaborazione che ad opera finita, in conformità al D.M. 9 gennaio 1996. Tali controlli saranno eseguiti presso gli Istituti designati dalla Direzione Lavori; i relativi oneri saranno a carico dell'Appaltatore.

5. Protezione anticorrosiva.

Tutte le parti meccaniche dovranno essere protette contro la corrosione.

Il ciclo dovrà rispettare le seguenti caratteristiche: sabbiatura a metallo bianco seguita da uno dei cicli di verniciatura contenuti nel punto "verniciature" del presente Capitolato.

Le superfici che dovranno venire a contatto col calcestruzzo saranno protette, finì al momento della messa in opera, con un film di materiale sintetico facilmente asportabile della messa in opera, oppure con altri idonei accorgimenti, tali da permettere la sistemazione in opera con superfici ancora esenti da ruggine e da altre sostanze tali da riprodurre l'aderenza acciaio/malta d'ancoraggio.

#### 6. Antipolvere

Gli appoggi saranno dotati di completa protezione antipolvere realizzata con raschia polvere e soffietti neoprene che si estenderanno per tutta l'escursione dell'apparecchio.

I fermi e i contrassegni degli appoggi dovranno essere visibili o ubicati all'esterno della protezione.

### **8.4.6. Assemblaggio**

#### 1. Collegamenti provvisori.

Durante il trasporto ed il montaggio le parti mobili saranno tenute in posizione mediante collegamenti provvisori, da eliminare dopo la posa in opera.

A tal fine saranno evidenziati con colore diverso da quello dell'appoggio (per esempio giallo).

#### 2. Preregolazione.

La pre-regolazione degli apparecchi sarà eseguita dall'Appaltatore al momento del collegamento alle strutture; i valori della pre-regolazione dovranno corrispondere a quelli prescritti dalla Direzione Lavori sulla base del progetto esecutivo.

#### 3. Contrassegni.

Gli apparecchi saranno dotati di targhetta metallica con le seguenti indicazioni:

- nome del Costruttore e anno di produzione;
- tipo di apparecchio e sue funzioni (multi direzionale, fisso, ecc.);
- carico verticale di progetto;
- eventuale carico orizzontale di progetto;
- escursione longitudinale di progetto;
- eventuale escursione orizzontale di progetto;
- eventuali altre indicazioni utili per la corretta posa in opera.

#### 4. Riferimenti.

Gli apparecchi saranno dotati di riferimenti per il loro posizionamento. In particolare, saranno indicati gli assi dell'appoggio e la direzione di scorrimento longitudinale. Gli apparecchi saranno inoltre dotati di scala graduata e di indice di misura per lo scorrimento.

### **8.4.7. Prove di accettazione sul prodotto finito**

È facoltà della Direzione Lavori richiedere prove non distruttive e prove distruttive sugli apparecchi di appoggio prescelti.

Le prove saranno eseguite in conformità alle Norme CNR 10018 e alle "Norme Tecniche per la fornitura degli apparecchi di appoggio" redatte da Autostrade Spa.

Le prove saranno eseguite presso il laboratorio indicato dalla D. L. a cura ed onere dell'Appaltatore.

Le prove distruttive saranno eseguite su un solo apparecchio, prescelto dalla D. L., per ogni tipologia di apparecchio.



Le prove non distruttive saranno eseguite sul almeno il 5% degli apparecchi facenti parte della stessa fornitura, prescelti dalla D. L..

In caso di esito negativo di almeno una prova, sarà ripetuta la serie di prove con uguali modalità della serie precedente.

Un ulteriore fallimento di una singola prova porterà al rifiuto della intera fornitura.

Gli apparecchi sottoposti a prove distruttive saranno allontanati dopo la prova indipendentemente dall'esito della stessa.

#### **8.4.8. Posa in opera**

Prima della posa in opera degli apparecchi d'appoggio l'Appaltatore dovrà provvedere per ogni singolo apparecchio al tracciamento degli assi di riferimento ed alla livellazione dei piani di appoggio, i quali dovranno essere rettificati con malta di cemento additivata con resina epossidica.

Procederà, successivamente, al posizionamento dell'apparecchio ed al suo collegamento alle strutture secondo le prescrizioni di progetto. In questa fase ciascun apparecchio dovrà essere prerogolato secondo le prescrizioni della D. L..

##### 1. Verifica delle sedi predisposte.

Prima di iniziare le operazioni di posa in opera, l'Appaltatore dovrà verificare a sua cura e spese le sedi predisposte nelle strutture sotto e sovrastanti gli appoggi.

In particolare, sarà verificata l'orizzontalità della sede, che dovrà essere ripristinata dall'Appaltatore se presenterà difetti superiori alla tolleranza indicata nello 0,1% per ogni tipo di apparecchio.

Tale ripristino sarà a carico dell'Appaltatore per difetti di orizzontalità fino allo 0,5%; oltre tale tolleranza per la sola parte eccedente lo 0,5% il ripristino sarà compensato con apposito prezzo.

In ogni caso le irregolarità eventualmente rilevate dovranno essere segnalate dall'Appaltatore alla Direzione Lavori per iscritto e prima dell'inizio della posa in opera.

In mancanza di tale comunicazione scritta, si intenderà che l'Appaltatore ha riscontrato la correttezza delle suddette predisposizioni.

##### 2. Collegamento alla struttura e ripristino dell'orizzontalità

Gli appoggi devono essere adeguatamente collegati alle strutture sotto e sovrastanti con zanche d'appoggio.

È a carico dell'Appaltatore la realizzazione di tali collegamenti, con tutte le forniture, prestazioni ed oneri ad essa inerenti. In funzione delle condizioni specifiche si potranno impiegare: iniezioni di resina, strati di conguaglio in resina o in malta di resina, in malta cementizia reoplastica (questi ultimi verranno impiegati per spessori superiori ai 5 cm) oppure tirafondi metallici, annegati preventivamente nelle strutture, o sigillati entro gli alloggiamenti appositamente precostituiti.

Le verifiche di posa in opera, saranno effettuate dall'Appaltatore, in contraddittorio con la D. L., per ogni lotto di appoggi relativi ad una singola opera d'arte. I controlli riguarderanno, oltre a quanto riportato nel predetto punto:- verifica dell'esistenza del disegno di posa in opera;

- verifica del posizionamento dell'apparecchio, in conformità al disegno di posa;

- planarità delle superfici di appoggio, in modo che i piani di scorrimento degli appoggi siano orizzontali;

- parallelismo dei piani di scorrimento, nel caso in cui sullo stesso asse di appoggio vi siano più apparecchi mobili;

- verifica della pre-regolazione della corsa.

#### **8.5. DISPOSITIVI ANTISISMICI**

##### **8.5.1. Generalità**

I dispositivi impiegati sono del tipo fluidodinamico precompresso senza danneggiamento e con ricentraggio automatico.

Tali dispositivi reagiscono senza deformazioni apprezzabili nei confronti di azioni istantanee aventi valore assoluto al di sotto della forza di precompressione stabilita per il dispositivo. La forza di precompressione è quindi tarata sulle azioni di esercizio agenti sull'impalcato, quali: frenatura, forza centrifuga, vento e sisma di 1° livello.

In occasione di sisma di 2° livello (sisma con periodo di ritorno 500ennale) il dispositivo supera la forza di precompressione per il quale è stato tarato e si muove dissipando energia. La dissipazione avviene per mezzo del movimento di un pistone all'interno di un serbatoio contenente olio siliconico in pressione.

Ogni insieme cilindro/pistone è la somma in parallelo di una molla precaricata e di uno smorzatore: se una forza assiale al pistone è inferiore alla forza di precarica il dispositivo non si comprime; per forze superiori il dispositivo si comprime e funziona come molla ammortizzata. Ciò fa sì che:

\*185 L'assorbimento delle forze istantanee è assicurato dalla variazione di volume del fluido siliconico con conseguente aumento di pressione (funzione molla);

\*186 L'effetto ammortizzante è dovuto alle perdite di carico indotte dai fenomeni idrodinamici causati dal movimento del pistone all'interno del fluido siliconico contenuto nel cilindro;

\*187 L'operazione di ricentraggio degli impalcati deriva dalle differenti forze di compressione agenti nei differenti dispositivi collegati all'impalcato, dovute alla differente deformazione del fluido siliconico nei cilindri (funzione molla).

La legge costitutiva che lega le forze "F" alle velocità "V" di deformazione è:

$$F=C*(V)^{\alpha}$$

Dove C e alfa sono costanti e dipendono dal tipo di dispositivo impiegato.

Nei casi di interesse per il progetto in esame i dispositivi sono dotati di cerniere sferiche alle estremità ed il loro vincolo tra sottostruttura e soprastruttura deve poter consentire solo la restrizione degli spostamenti secondo la direzione del pistone, permettendo altresì il libero movimento per tutti gli altri 5 gradi di libertà.

### 8.5.2. Requisiti prestazionali

I requisiti prestazionali da richiedere ai dispositivi sono indicati per i singoli viadotti/ponti negli elaborati progettuali e devono corrispondere ai requisiti prestazionali dei dispositivi da impiegare.

Sinteticamente si possono riassumere come segue:

\*188 Massima reazione che il dispositivo è in grado di espletare " $F_a > 2 * F_s$ " senza perdere funzionalità.

\*189 Massima reazione espletata dal dispositivo in occasione dell'evento sismico di progetto " $F_s$ ". Tale valore è fornito negli elaborati progettuali, è inferiore al valore di cui sopra ed è desunto dai calcoli eseguiti per il progetto esecutivo.

\*190 Forza di precarica " $F_o$ ". Tale valore è fornito negli elaborati progettuali ed è desunto dai calcoli eseguiti per il progetto esecutivo.

\*191 Massimo spostamento " $d_2$ " per sisma di 2° livello. Tale valore è fornito negli elaborati progettuali ed è desunto dai calcoli eseguiti per il progetto esecutivo.

\*192 Rigidezza "R" in fase elastica del dispositivo (funzione molla). Tale valore è fornito negli elaborati progettuali.

\*193 Coefficienti "C" e "alfa". Tali valori sono forniti negli elaborati progettuali.

\*194 Temperature di esercizio  $-10^{\circ} < T < 40^{\circ}$ .

\*195 Capacità di non impedire i 5 gradi di libertà non interessati dal vincolo.

### 8.5.3. Requisiti progettuali

I ritegni antisismici dovranno essere costruiti in conformità alle norme tecniche previste dal D.M. 09/01/996, dalle relative istruzioni, dalla circolare del Ministero dei Lavori Pubblici del 31/10/1986 e dalle successive modificazioni, dalle norme CNR 10011, nonché secondo le indicazioni fornite dalle "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico dei ponti e degli edifici" allegate all'Ordinanza del Presidente del Consiglio numero 3274 del 20/03/2003.

I dispositivi antisismici dovranno essere muniti di una targhetta metallica di identificazione sulla quale dovranno essere riportati:

- nome del fabbricante e anno di produzione;- modello;- massima spinta assorbibile "Fa";- entità della corsa dell'apparecchio mobile con un riscontro di riferimento per la verifica di funzionamento.

I dispositivi di vincolo dovranno essere coerenti con le prescrizioni già richiamate per gli apparecchi di appoggio, menzionate nel paragrafo dedicato nel presente articolo.

Valgono tutte le altre prescrizioni già menzionate precedentemente per gli appoggi per quanto attinente agli obblighi da parte dell'Appaltatore per la presentazione del progetto, in considerazione delle specifiche ivi elencate.

Sono confermati tutti i materiali già presi in considerazione nel paragrafo degli appoggi.

I dispositivi nel loro insieme si intendono completi degli ancoraggi meccanici alla struttura, con elementi di vincolo orizzontale, per la risposta calibrata, di tipo idraulico.

I dissipatori all'occorrenza devono consentire la sostituibilità in opera senza necessità di spostamento degli appoggi o dell'impalcato.

Gli spostamenti massimi devono essere pari a quelli di calcolo maggiorati di un fattore di sicurezza (extracorsa) del 50%:  $D_{max} = 1.5 d_2$ .

Il fattore di sicurezza globale minimo da garantire rispetto alle azioni di progetto sarà 2: ovvero la massima reazione che il dispositivo è in grado di espletare senza perdere funzionalità è " $F_a > 2 * F_s$ ".

Le parti metalliche devono essere progettate in conformità alle norme emanate ai sensi della legge 1086 del 1971.

Il dispositivo deve potere mantenere una pressione pari al 150% della massima pressione di progetto esplicitata sotto sisma di 2° livello.

Il fluido da utilizzare sarà del tipo siliconico, non infiammabile, non tossico e non pericoloso ai fini ambientali.

Il sistema idraulico sarà progettato per consentire automaticamente le variazioni volumetriche del fluido senza perdita di pressione nei circuiti per le temperature di progetto.

La protezione superficiale delle parti strutturali sarà conforme a quanto già previsto nel paragrafo relativo agli appoggi strutturali e conforme alla norma EN1337-9.

#### **8.5.4. Prove di qualificazione**

In sede di qualifica sarà onere dell'Appaltatore produrre la seguente documentazione per ogni diversa tipologia di dispositivo:

- \*196 Una relazione tecnica e di calcolo che illustri il comportamento meccanico sia di insieme che dei singoli componenti del dispositivo e l'aderenza ai requisiti prestazionali individuati nel progetto esecutivo.
- \*197 Le prove di laboratorio effettuate dal Costruttore;
- \*198 Documentazione di dispositivi analoghi installati dal costruttore negli ultimi 5 anni.
- \*199 Sistema di qualità ISO9001 del Costruttore dei dispositivi valida per gli ultimi 5 anni.
- \*200 Le caratteristiche tecniche del dispositivo;
- \*201 Le modalità di posa in opera del dispositivo.
- \*202 Il piano di manutenzione e monitoraggio del dispositivo.
- \*203 Gli elaborati di progetto del dispositivo.

In sede di qualificazione saranno eseguite prove sui materiali e sui dispositivi completi. Le prove saranno eseguite su 2 dispositivi per ogni tipologia e riguarderanno:

- \*204 Prove finalizzate alla verifica della funzione molla per le azioni di esercizio. Tali prove saranno tese a verificare la forza di precarica e la rigidità in fase elastica. Saranno condotte applicando al dispositivo una forza crescente, registrando spostamenti e forze. La prova si intende superata se i valori misurati non si discostano dai valori di teorici progetto di  $\pm 5\%$ , per forze applicate in entrambe le direzioni.
- \*205 Prove finalizzate alla verifica della legge costitutiva  $F=C*V^{\alpha}$ , ovvero dei coefficienti C ed  $\alpha$ . La prova sarà eseguita imponendo al dispositivo 5 cicli completi con ampiezza di  $\pm d_2$  eseguiti per diversi valori della velocità V ( $V=\beta*V_{max}$ ; con  $\beta=0,01, 0,02, 0,05, 0,1, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8$  e  $1,0$ ). La prova si intende superata se i punti del diagramma F-V sono all'interno di un fuso pari al  $\pm 10\%$  del valore teorico desunto numericamente.

\*206 Prove finalizzate per valutare lo smorzamento, ovvero la capacità di dissipare energia. La prova sarà eseguita imponendo 5 cicli completi di spostamento con legge pari a  $d(t)=d_2 \cdot \sin(2 \cdot 3,14 \cdot f_0 \cdot t)$ , dove  $f_0(\text{Hz})$  sarà stabilita al fine di raggiungere durante il ciclo la  $V_{\text{max}}$ . La prova si intende superata se l'energia dissipata per ogni ciclo sarà non inferiore al 90% del valore teorico desunto numericamente.

\*207 Prove finalizzate alla tenuta idraulica. La prova sarà soddisfatta se non si verificherà alcuna perdita di fluido per una pressione pari al 150% della massima pressione di esercizio di progetto mantenuta per almeno 60 secondi.

#### **8.5.5. Prove di accettazione**

Le prove di accettazione saranno condotte per ogni fornitura di apparecchi aventi caratteristiche prestazionali diverse.

Saranno condotte sul 20% degli apparecchi della fornitura (con un minimo di 4) e avranno le stesse modalità e finalità delle prove di qualificazione.

#### **8.5.6. Fabbricazione, assemblaggio e posa in opera**

Per quanto relativo a questi aspetti valgono le indicazioni già espresse nel paragrafo degli appoggi.

#### **8.5.7. Protezione delle parti metalliche**

Gli apparecchi dovranno essere provvisti di un rivestimento protettivo sulle superfici soggette ad aggressione chimica e fotochimica.

#### **8.5.8. Posa in opera**

Il collegamento dei dispositivi di ritegno con l'impalcato e le sottostrutture dovrà essere realizzato in modo che sia garantita la possibilità di una agevole ispezione, relativa manutenzione (verniciatura) ed eventuale sostituzione che dovrà avvenire senza dover sollevare l'impalcato e senza alcuna limitazione all'esercizio.

#### **8.5.9. Oneri a carico dell'appaltatore**

Tutte le prove e la documentazione concernente i dispositivi sono a carico dell'Appaltatore, che dovrà avviare la procedura di qualificazione con anticipo, prevedendo i tempi di produzione e consegna dei dispositivi senza alterare il programma generale di costruzione dell'opera.

I laboratori per le prove saranno indicati dalla D. L.

La Direzione Lavori autorizzerà la posa in opera dei dispositivi solo dopo aver completato con esito positivo le prove di accettazione.

L'esame e la verifica, da parte della Direzione Lavori, dei progetti delle opere e dei certificati degli studi preliminari, non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Quindi resta stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione Lavori, l'Appaltatore rimane l'unico e diretto responsabile delle opere a termine di legge, pertanto sarà tenuto a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

### **8.6. GIUNTI DI DILATAZIONE**

A seconda della luce degli elementi strutturali soggetti a dilatazione, verranno impiegati particolari dispositivi intesi ad assicurare la protezione dei giunti all'uso predisposti e tali da garantire la perfetta impermeabilità della struttura ed impedire il passaggio delle acque al di sotto della soletta. I giunti saranno attrezzati in maniera tale da impedire il libero scolo delle acque sulla sottostruttura, bensì il convogliamento delle acque lontano dalla struttura nelle sedi opportune.

L'Appaltatore sarà tenuto a fornire i dati tecnici occorrenti per determinare le caratteristiche del giunto in conformità con i requisiti prestazionali indicati in progetto.

I giunti dovranno rispondere a quanto prescritto dal D.M. del Ministero dei LL.PP. in data 4 maggio 1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali" e sue istruzioni emanate con circolare Ministero LL.PP. n 34233 del 25-2-1991.

L'Appaltatore dovrà tener conto, nei propri programmi di lavori, dei tempi necessari per le operazioni di fornitura e montaggio degli apparecchi di giunto oltre che per tutte le predisposizioni sopraindicate.

La Direzione Lavori autorizzerà la posa in opera dei dispositivi solo dopo aver completato con esito positivo le prove di accettazione.

L'esame e la verifica, da parte della Direzione Lavori, dei progetti delle opere e dei certificati degli studi preliminari, non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Quindi resta stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione Lavori, l'Appaltatore rimane l'unico e diretto responsabile delle opere a termine di legge, pertanto sarà tenuto a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

#### **8.7. DISPOSITIVI PER LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE**

Tali dispositivi verranno eseguiti dall'Appaltatore in conformità alle indicazioni di progetto esecutivo ed alle disposizioni della Direzione Lavori.

Detti dispositivi dovranno rispondere a quanto prescritto dal D.M. del Ministero dei LL.PP. in data 4 maggio 1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali" e sue istruzioni emanate con circolare Ministero LL.PP. n. 34233 del 25/2/1991.

I dispositivi saranno attrezzati in maniera tale da impedire il libero scolo delle acque sulla sottostruttura, bensì il convogliamento delle acque lontano dalla struttura nelle sedi opportune.

#### **8.8. SOTTOVIA**

I sottovia da realizzare al di sotto del tracciato stradale in progetto dovranno essere realizzati in c.a. e come tali rispondere ai requisiti già esposti nell'Articolo "Calcestruzzi" delle presenti Norme Tecniche.

Per l'impermeabilizzazione si rimanda alle tipologie descritte nell'Articolo dedicato alle gallerie artificiali

#### **8.9. SPECIFICHE DI CONTROLLO**

La seguente specifica si applica ai vari tipi di ponti viadotti e sottovia ricadenti all'interno dell'infrastruttura stradale.

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e, più specificatamente, quella di progetto quale disegni, specifiche tecniche, ecc.; sono altresì comprese tutte le norme tecniche vigenti in materia.

**L'Appaltatore è obbligato comunque ad organizzare per proprio conto, con personale qualificato ed attrezzature adeguate, approvate dalla D.L., un laboratorio di cantiere in cui si procederà ad effettuare tutti gli ulteriori accertamenti di routine ritenuti necessari dalla D.L., per la caratterizzazione e l'impiego dei materiali.**

I controlli in fase di costruzione sono dei tipi seguenti:

##### Controlli dimensionali e di posizionamento

Questo tipo di controllo deve essere eseguito prima di ogni fase di lavoro che preveda lavorazioni o messa in opera di profilati, lamiere e ogni altro tipo di componente come specificato nei disegni di progetto.

##### Controllo delle frecce d'inflessione e corretta posa in opera dei manufatti

Alcuni tipi di travatura potranno essere costruite con contro frecce di montaggio.

Le frecce in oggetto dovranno essere controllate per ogni trave posta in opera e registrate su apposito registro.

##### Controllo sui rivestimenti e verniciature

Il controllore dovrà verificare visivamente lo stato generale delle verniciature e prendere di conseguenza le opportune azioni per il ripristino delle stesse.

Controllo sui pali di fondazione

Si rimanda all'Articolo dedicato ai Pali di fondazione delle presenti Norme Tecniche.

**9. IMPERMEABILIZZAZIONE MANUFATTI IN CLS**

### 9.1. GENERALITÀ

Ove i disegni di progetto lo prevedano o quando la Direzione Lavori lo ritenga opportuno si provvederà alla impermeabilizzazione dell'estradosso di manufatti in conglomerato cementizio, interrati e non, quali i volti delle gallerie artificiali, ponti e viadotti, sottovia ecc.

tali impermeabilizzazioni saranno effettuate mediante:

- \*208 membrane elastiche continue in materiale sintetico;
- \*209 cappa di mastice di asfalto sintetico;
- \*210 guaine bituminose preformate ed armate;
- \*211 bitume modificato con elastomeri ed armato;
- \*212 vernici bi componenti in catrame e resine epossidiche.

Gli strati impermeabilizzanti, oltre che possedere permeabilità all'acqua praticamente nulla, devono essere progettati ed eseguiti in modo da avere:

- \*213 elevata resistenza meccanica, specie alla perforazione in relazione sia al traffico di cantiere che alle lavorazioni che seguiranno alla stesa dello strato impermeabilizzante;
- \*214 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;
- \*215 resistenza chimica alle sostanze che possono trovarsi in soluzione o sospensione nell'acqua di permeazione. In particolare dovrà tenersi conto della presenza in soluzione dei cloruri impiegati per uso antigelo;
- \*216 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;
- \*217 compatibilità ed adesività sia nei riguardi dei materiali sottostanti sia di quelli sovrastanti (pavimentazione);
- \*218 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 suaccennate caratteristiche dell'impermeabilizzazione devono conservarsi inalterate:

- \*219 tra le temperature di esercizio che possono verificarsi nelle zone in cui il manufatto ricade e sempre, comunque, tra le temperature di  $-10^{\circ}$  e  $+60^{\circ}$  C;
- \*220 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 sane, regolari, perfettamente pulite, esenti da oli, grassi, polveri e prive di residui di boiaccia o di malta cementizia, asciutte e stagionate almeno 20 giorni, 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:

\*221 eliminazione di eventuali asperità, dislivelli, grumi ed imperfezioni in genere mediante bocciardatura, spinta anche a fondo;

\*222 stuccatura di eventuali lesioni o vespai;

\*223 pulizia mediante lavaggio con acqua in pressione (almeno 50bar).

Dovranno prevedersi prove e controlli di qualità e possibili prove di efficienza.

## **9.2. 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 boiaccia, 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 idrolavaggi (preferibilmente in periodi caldi o asciutti) e conseguente energica soffiatura con aria compressa.

### **9.2.1. 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.

### **9.2.2. Membrana impermeabilizzante sintetica elastica continua spruzzata in opera**

La membrana impermeabilizzante elastica continua dovrà essere costituita da un copolimero epossipoliuretano con presenza attiva di un terzo polimero elastomerico. Il prodotto deve polimerizzare entro le 24 h dal termine della stesa alle condizioni di temperatura  $T \geq 293$  K ed UR  $65\% \pm 5\%$ .

Il materiale applicato dovrà, a polimerizzazione avvenuta, avere le seguenti caratteristiche chimico-fisiche:

- Densità relativa (riferita al prodotto A+B polimerizzato):  $1,15 \pm 0,05$  kg/dm<sup>3</sup> (UNI 89-1970).
- Durezza superficiale:  $90 \pm 5$  Shore "A" (UNI 4916-74).
- Resistenza a sollecitazione per trazione: minimo 6 MPa (UNI 8202 par. 8°).
- Allungamento percentuale a trazione: minimo 80% (UNI 8202 par. 8°).
- Elasticità: massimo 15% (verificata come deformazione residua a trazione) (UNI 8202 par. 10°).
- Resistenza alle basse temperature: integrità per avvolgimento su mandrino cilindrico fino a  $T = 253$  K (UNI 8202 par. 15°).

Adesione al supporto cementizio: minimo 3 MPae per valori inferiori purché risulti una rottura coesiva del supporto (riferito alla superficie di prova) almeno pari al 60% della superficie (ASTM 2197-68).

### **9.2.3. Mano d'attacco per il collegamento della membrana con la pavimentazione**

La mano d'attacco tra membrana e pavimentazione dovrà essere costituita da un bitume modificato con polimeri SBS-R da spruzzare a caldo ( $T \geq 180$  °C) in ragione di circa 0,8 kg/m<sup>2</sup> e le cui caratteristiche sono riportate nelle presenti Norme Tecniche nell'Articolo dedicato alle pavimentazioni in conglomerato bituminoso.

### **9.2.4. 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<sup>2</sup>.

Tale stesa si dovrà estendere a tutta la superficie interna dei cordoli ed anche sulla superficie orizzontale degli stessi, qualora essi non siano già stati protetti con guaine bituminose per effettuare il montaggio dei parapetti New Jersey prima dell'impermeabilizzazione dell'impalcato.



Sulla superficie così pretrattata si dovrà procedere all'applicazione della membrana epossipoliuretana 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  $2,9 \div 3,1 \text{ kg/m}^2$  (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, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni metereologiche saranno tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a  $10^\circ\text{C}$ .

Non prima di 12 h dal termine della stesa della membrana impermeabile, nel caso di temperature  $\geq 20^\circ\text{C}$ , dovrà seguire l'accurata ed uniforme applicazione della mano di attacco e di collegamento alla pavimentazione nella quantità di  $0,8 \text{ kg/m}^2$ .

Detto materiale dovrà essere spruzzato anche sulla parte verticale interna dei cordoli che sarà coperta dalla pavimentazione.

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 permeometro, a 333 K per 5 h, anche nelle zone di giunto.

### **9.3. CAPPA DI MASTICE DI ASFALTO SINTETICO**

#### **9.3.1. Materiali**

L'impermeabilizzazione degli impalcati delle opere d'arte verrà 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:

#### Legante:

dovrà essere costituito da una miscela di bitume 40/50 e Trinidad Epureè 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:

$$IP = \frac{20u - 500v}{u + 50V}$$

in cui:

v =  $\log 800 - \log$  penetrazione a 298 K;

u = temperatura di P. e A. in K detratti 298 K;

#### Filler:

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 1 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 18 e 23%.

Il legante totale dovrà saturare tutti gli spazi vuoti, garantendo inoltre una eccedenza compresa tra il 5% ed il 7% ( $V_b - V = 5 - 7$  in cui  $V_b$  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 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 e max. di 14 mm, da verificare mediante prelievo di campioni.

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.

### **9.3.2. 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 boiaccia (o di malta cementizia): prima dell'applicazione del mastice si dovrà procedere pertanto ad una accurata pulizia dell'impalcato, mediante spazzolatura e successiva energica soffiatura con aria compressa.

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, a insindacabile giudizio della Direzione Lavori 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<sup>2</sup> nel primo caso e di 0,35-0,50 Kg/m<sup>2</sup> 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 ( $\pm 10$  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 a giudizio della Direzione Lavori le condizioni meteorologiche siano tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 281 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<sup>2</sup>.

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 scioglie 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 così i risvolti del bocchettone stesso.

Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei 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.

### **9.3.3. 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:

#### Procedura 1:

- a) premiscelazione degli aggregati, compreso il filler, a temperatura di 483-503 K;
- b) aggiunta del bitume nella corretta percentuale, anche esso 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 473-483K onde ottenere l'intima miscela del bitume col filler.

#### Procedura 2:

- a) introduzione nella caldaia del filler e del bitume, dosati separatamente a peso, e mescolazione 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 apparecchiature di riscaldamento siano tali da evitare il contatto diretto di fiamme o gas caldi con i bitumi ed il filler, per non dar luogo ad eccessivi indurimenti o bruciature dei medesimi.

Qualora la confezione non venga fatta sul luogo della messa in opera, il trasporto del mastice verrà effettuato con caldaie mobili (bonze), munite anche esse di agitatore meccanico e apposito impianto di riscaldamento.

## **9.4. GUAINE BITUMINOSE PREFORMATE ARMATE**

L'impermeabilizzazione dovrà essere realizzata con guaine preformate bitume-polimero, a base di bitume distillato, plastomeri, elastomeri e armatura in tessuto non tessuto di poliestere puro a filo continuo da non meno di 250 g/m<sup>2</sup>. Non è ammesso in nessun caso tessuto non tessuto realizzato da cascami o da fiocco

### **9.4.1. Caratteristiche dei materiali e prove di accettazione**

L'Appaltatore dovrà sottoporre preliminarmente alla Direzione Lavori i campioni delle guaine che intende adottare e dei materiali componenti per essere sottoposti, a cura e spese della stessa, alle prove di idoneità che saranno richieste dalla Direzione Lavori.

Qualora dalle prove di cui sopra non risultassero le caratteristiche indicate nel seguito, i materiali saranno rifiutati e l'Appaltatore dovrà allontanarli a sua cura e spese.

#### **9.4.1.1. Primer di adesione al supporto**

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. e A. 358-363 K); sarà additivato con miscele di butadieni, in modo da consentire un aumento del potere adesivo rispetto ai normali bitumi ed un ritardo della evaporazione del solvente, ciò al fine di avere una buona facilità di stesa del primer stesso ed una sua elevata penetrazione nella soletta.

Il primer dovrà essere steso soltanto mediante spazzoloni, su superfici asciutte, prive di residui di lavorazione, oli grassi e polveri, o rese tali. La percentuale di bitume e butadiene presenti nel primer all'atto della stesa sarà compresa tra il 25 ed il 50% in relazione alle condizioni della soletta. La quantità del primer messo in opera sarà compresa tra 350-500 g/m<sup>2</sup>.

L'adesione del primer alla soletta non dovrà risultare inferiore a 0,2 MPa misurati in senso perpendicolare a quest'ultima (prova di trazione) a velocità di deformazione costante di 1,27 mm/min e temperatura di 293 K (± 5 K).

La viscosità del primer, misurata in "tazza" FORD 4 a 298 K, dovrà essere compresa tra 20 e 25 s (primer con 50 % di residuo secco).

La messa in opera delle guaine dovrà essere effettuata solo dopo completa evaporazione del solvente. Il tempo di essiccazione a 20° con umidità relativa pari al 65% sarà pari a circa 3 ore.

#### **9.4.1.2. Massa bituminosa della guaina**

Sarà di tipo plastomerico o elasto - plastomerico.

Dovrà essere escluso l'uso di ogni tipo di carica minerale.

La massa bituminosa costituente la guaina dovrà rispondere alle caratteristiche riportate di seguito, da accertare con prove di qualificazione:

- punto di rammollimento P. e A.:  $\geq 423$  K;
- \*224 punto di rottura Frass: 258 K;
- \*225 massa volumica del compound < 1,00 kg/dm<sup>3</sup>;
- \*226 penetrabilità DOW a 298 K (con peso 100 g a 299 K): 20 - 30 dmm.

La non rispondenza a quanto sopra comporterà il rifiuto delle guaine.

#### **9.4.1.3. Armatura delle guaine**

Sarà costituita da geotessile non tessuto ottenuto da fibre di poliestere a filo continuo coesionato mediante agugliatura ed avente le caratteristiche di seguito riportate, da accertare con prove di qualificazione.

Saranno ammesse anche guaine con armatura mista in geotessile non tessuto in poliestere e rete o velo in fibra di vetro (o altro materiale non putrescibile).

Dalle prove di qualificazione del tessuto non tessuto dovranno risultare i seguenti valori:

- peso (UNI 5114) > 250 g/m<sup>2</sup>
- resistenza a trazione su striscia di cm 5 (UNI 8639)  $\geq 18$  kN/m
- allungamento (UNI 8939) > 60%
- lacerazione (UNI 8279/9)  $\geq 0,5$  kN
- punzonamento (UNI 8279/9)  $\geq 3$  kN
- inalterabilità all'azione anche prolungata di sali, alcali, acidi, idrocarburi e microorganismi
- perfetta adesione ed impregnabilità con la massa bituminosa

#### **9.4.2. Guaina preformata**

Le guaine impermeabili preformate dovranno avere l'armatura in posizione asimmetrica rispetto alla massa bituminosa.

Le guaine dovranno essere sottoposte preliminarmente a prove dalle quali dovrà risultare la rispondenza ai requisiti sotto elencati (con le tolleranze secondo UEAtc):

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| - massa areica (UNI 8202/7):                            |                                    |
| guaina di spessore non minore di 5 mm                   | < 5,300 kg/m <sup>2</sup>          |
| guaina di spessore non minore di 4 mm                   | < 4,300 kg/m <sup>2</sup>          |
| - comportamento a trazione (UNI 8202/8):                |                                    |
| resistenza longitudinale                                | ≥ 18 kN/m                          |
| resistenza trasversale                                  | ≥ 16 kN/m                          |
| allungamento a rottura                                  | ≥ 50 %                             |
| - resistenza alla lacerazione (UNI 8202/9, metodo B):   |                                    |
| longitudinale   | 0,16 kN                            |
| trasversale   | 0,17 kN                            |
| - punzonamento statico (UNI 8202/11):                   |                                    |
| classe di resistenza/carico sopportato su sfera Ø 10 mm |                                    |
| - su supporto rigido                                    | Ps4 > 25 kg                        |
| - su supporto non rigido                                | Ps4/ > 25 kg                       |
| - flessibilità a freddo su mandrino (UNI 8202/15)       | -20°                               |
| - scorrimento a 343 K (UNI 8202/16)                     | < 1 mm                             |
| - impermeabilità all'acqua (UNI 8202/21)                | > 100 kPa                          |
| - stabilità di forma a caldo (UNI 8202/18)              | ≥ 140 °C                           |
| - resistenza all'ozono (UNI 8202/28)                    | nessuna screpolatura dopo la prova |

Tali prove dovranno essere ripetute ad ogni richiesta della Direzione Lavori sui materiali approvvigionati in cantiere. Il prelievo dei tasselli per l'esecuzione delle prove verrà effettuato su zone scelte a caso sui campioni inviati in laboratorio o sui materiali in cantiere.

Qualora anche una sola delle prove dia esito negativo la guaina sarà rifiutata e la partita dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore.

Le prove elencate necessarie alla qualificazione delle guaine, potranno essere ripetute ad ogni richiesta della Direzione Lavori sui materiali effettivamente messi in opera.

Il prelievo dei tasselli per l'esecuzione delle prove verrà effettuato su zone scelte a caso sul campione inviato o ricostituito in laboratorio, o sui materiali in cantiere.

#### **9.4.3. Modalità di posa in opera e prove sul prodotto finito**

**Per le modalità di preparazione delle solette valgono le prescrizioni dei precedenti punti.**

Le guaine saranno incollate, previa fusione con fiamma, al primer steso in precedenza, curando la perfetta adesione in ogni punto e la tenuta dei giunti (sormonti) di costruzione.

**I teli saranno posati con sormonto di 10cm longitudinalmente e 15cm trasversalmente, saldati a fiamma di gas propano al piano di posa e quindi risvoltati verso l'alto sui cordoli ed incollati a fiamma sulle parti verticali e/o orizzontali per una lunghezza di almeno 15cm misurata a partire dalla pavimentazione carrabile. Il lembo esterno della guaina sarà infine saldato al cls a mezzo di mastice bituminoso.**

In corrispondenza del punto d'incontro soletta-cordolo sarà curata la sede di appoggio della guaina creando un cordone d'angolo in cls o in malta di lato pari a 5,00cm.

Ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori, verrà adottato uno dei metodi di posa in opera di seguito descritti:

##### metodo di posa n. 1:

da adottare indicativamente nel caso di solette lisce, regolari, ben asciutte e stagionate, con temperatura media diurna dell'aria non minore di 10°C.

La guaina del tipo preformato dello spessore non inferiore a 4 mm, armata con geotessile non tessuto in poliestere, verrà posta in opera direttamente sul primer di attacco alla soletta.

### metodo di posa n. 2:

da adottare indicativamente nel caso di solette con superfici scolorite o irregolari e/o umide o ancora non perfettamente stagionate, con temperatura media diurna dell'aria minore di 10°C.

La guaina del tipo preformato dello spessore non inferiore a 4 mm e di larghezza minima di 1,00 m, armata con geotessile non tessuto in poliestere, verrà posta in opera previa spalmatura, sul primer di attacco alla soletta, di 1,00 kg/m<sup>2</sup> di materiale bituminoso avente le stesse caratteristiche di quello formante la guaina.

In ambedue i casi descritti la adesione della guaina 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 su di esso dei conglomerati bituminosi, sotto una pressione di 1,00 MPa in permeometro, a 333 K per 5 h, anche nelle zone di giunto.

## **9.5. MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE CONTINUO REALIZZATO IN OPERA CON BITUME MODIFICATO CON ELASTOMERI ED ARMATO CON TESSUTO NON TESSUTO**

### **9.5.1. 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), le cui caratteristiche sono riportate nelle presenti Norme (pavimentazioni in conglomerato bituminoso).

- Legante, sarà costituito da doppio strato di bitume modificato con polimeri di tipo C, le cui caratteristiche sono riportate nelle presenti Norme (pavimentazioni in conglomerato bituminoso). Il primo strato sarà sottoposto all'armatura e dovrà avere spessore non inferiore a 2,00mm in alcun punto. Il secondo strato sarà sovrapposto all'armatura e dovrà avere spessore non inferiore a 1,00mm in alcun punto.

- Armatura, sarà costituita da tessuto non tessuto in poliestere o polipropilene coesionato mediante agogliatura 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  $\geq 200$  g/m<sup>2</sup>;
- Resistenza alla rottura per trazione e allungamento a rottura, a 293 K non inferiore a 400 N (ASTM-D 1682);
- \*227 Perfetta adesione ed impregnabilità con le masse bituminose descritte in precedenza.

I sormonti dell'armatura saranno non inferiori a 15,00cm.

### **9.5.2. 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 così 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<sup>2</sup>, 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 permeometro, a 333 K, per 5 h, anche nelle eventuali zone di giunto.

## **9.6. VERNICI BICOMPONENTI IN CATRAME E RESINE EPOSSIDICHE**

Sistema protettivo a base di vernici reattive bi componenti a base di una combinazione di catrame, carbon fossile, resine epossidiche e sostanze minerali di impalcato in acciaio a piastra ortotropa

### **9.6.1. Pianificazione**

Prima di iniziare i lavori sul campo, l'Appaltatore è tenuto a redigere una serie di documenti che costituiranno il supporto tecnico per l'esecuzione del lavoro.

Tali documenti avranno i seguenti contenuti:

#### MATERIALI

Verrà prodotta una lista dei materiali da impiegare per l'esecuzione delle varie lavorazioni. Tale lista sarà integrata dalle relative schede tecniche per materiali da acquistare confezionati e sottoposti ad approvazione da parte del direttore dei lavori.

#### ATTREZZATURE

Verrà prodotta una lista delle attrezzature che l'Appaltatore intenderà introdurre ed utilizzare nel cantiere per la realizzazione del lavoro per ogni sua fase, ne verranno indicate le marche, la condizione, ed i tempi di reperibilità dei pezzi di ricambio.

#### ORGANIZZAZIONE

Verrà presentato un dettagliato modus operandi per l'esecuzione del lavoro nelle sue varie fasi, con riferimento alla composizione delle squadre, alla produttività delle macchine, alle condizioni di lavoro in relazione alle caratteristiche climatiche ed ambientali, ed ai tempi di produzione, trasporto, lavorazione o messa in opera dei materiali.

#### CONTROLLO QUALITÀ

Verrà instaurato un sistema di controllo qualità che fornirà elementi in merito a:

- Procedure di qualificazione materiali.
- Procedure operative
- Procedure d'ispezione
- Procedure di rintracciabilità

Al termine di tutti questi adempimenti verrà redatto un programma lavori che tenga presente le condizioni di installazione e funzionalità del cantiere, modus operandi, rate di produzione, avanzamenti.

### **9.6.2. Elementi protettivi dalla corrosione dell'impalcato**

Sistema protettivo a base di vernici reattive bi componenti a base di una combinazione di catrame, carbon fossile, resine epossidiche e sostanze minerali di impalcato in acciaio a piastra ortotropa previa preparazione della superficie dell'impalcato.

Il sistema protettivo deve garantire:

- Impermeabilità all'acqua sotto tutte le condizioni, tanto per la piastra, quanto per tutti i suoi angoli, i suoi bordi, gli elementi che lo delimitano ed i particolari che lo compongono.
- Stabilità meccanica sotto lo sforzo dei carichi del traffico sia per azioni di compressione, che taglienti, tanto in curva che in condizioni di arresto o di accelerazione dei veicoli.
- Resistenza alla formazione di fessure o di stratificazioni e distacchi in generale dovuti tanto all'azione del traffico quanto al movimento degli strati sottostanti o dal supporto.
- Mantenimento delle proprietà di impermeabilità e meccaniche in condizioni di carico di esercizio del traffico, delle azioni degli agenti atmosferici, di agenti chimici ed in particolare delle sostanze anticongelanti ed altri fattori deleteri in generale.
- Compatibilità tra i vari costituenti e con i materiali con i quali gli elementi del impermeabilizzazione e della pavimentazione vengono a contatto.
- Resistenza a carichi teorici o meccanici di ogni strato durante l'applicazione dello strato successivo.

Le specifiche che seguono vanno dunque considerate come requisiti minimi da soddisfare, ma l'accettazione finale contrattuale del lavoro dipenderà dall'aver conseguito o meno i requisiti sopra menzionati.

### **9.6.3. Materiali**

#### **GRANIGLIA METALLICA**

Verrà impiegata per la granigliatura della superficie. Sarà di tipo spigoloso la granulometria verrà stabilita mediante prove sul campo in maniera tale da conseguire il profilo di rugosità prescritto per l'applicazione dei primer.

#### **ABRASIVO MINERALE**

Verrà impiegato per le eventuali operazioni di sabbatura di quei particolari non eseguibili con granigliatrici meccaniche, avrà granulometria da stabilire mediante prove sul campo in maniera tale da conseguire il profilo di rugosità prescritto per l'applicazione dei primer. Sarà del tipo consentito dalle vigenti normative ed indicazioni tecniche di sicurezza contro il rischio da silicosi.

#### **IMPERMEABILIZZANTE**

Vernice epossicatrame in solvente per protezione antiacida di superfici in acciaio resistente all'acqua dolce e salata, agli acidi ed alcali diluiti, ai sali neutri, agli oli minerali e combustibili, agli oli grassi, ai detersivi ecc. e resistente alle seguenti temperature: fino a 100° di calore secco e fino a 60° di calore umido (anche acqua calda).

### **9.6.4. Esecuzione del lavoro**

#### **a) PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE**

La tecnica da prediligere è la granigliatura mediante macchine granigliatrici a turbina con aspirazione e filtraggio automatico delle polveri.

Il grado di sabbatura dovrà essere Sa 2,5 secondo ISO 8501 e DIN 55928 sul 100% della superficie. Aree minori (meno di 100 cm<sup>2</sup>) potranno essere accettate solamente se ammonteranno complessivamente a meno del 5% della superficie totale lavorata per ogni rata di produzione.

Particolare attenzione verrà dedicata alla granigliatura dei cordoni di saldatura tra le lamiere.

La sabbatura mediante sabbatrici ad aria compressa deve avvenire su aree contenute.

La superficie trattata deve presentarsi rugosa.

Prima della granigliatura si dovrà procedere alle operazioni di pulizia e sgrassaggio della superficie. Le condizioni ambientali saranno tali da mantenere la temperatura del supporto superiore a 0° C e comunque conforme al criterio del dew -point con scarto di 3° C. L'umidità relativa non potrà superare l'80% altrimenti le operazioni di granigliatura non potranno avere inizio. In presenza di condizioni ambientali avverse sarà possibile il ricorso a strutture di riparo mobili, (capannoni mobili), che permettano di ricostituire i parametri ambientali ideali alla esecuzione dei lavori. Il ricorso a tali strutture di riparo non costituirà onere aggiuntivo per la committenza. I tempi di mantenimento del supporto sabbato saranno dettati dalle schede tecniche del produttore .

Particolari procedure verranno sviluppate dall'Appaltatore in merito all'accettazione della superficie ed a una risabbatura di superfici già sabbate.

#### **b) APPLICAZIONE DI IMPERMEABILIZZANTE**

L'impermeabilizzante deve essere applicato a spruzzo airless praticabile con spruzzatori con una pressione di 150 bar, ugelli con foro di 0.66 mm, angolo di spruzzo di 80°. Si applicheranno due mani di vernice secondo le prescrizioni della casa fornitrice per quanto riguarda preparazione del prodotto, miscelazione dei componenti, temperature e tempi di applicazione, tempo di attesa tra le mani.

Particolari procedure verranno redatte per stabilire le modalità delle riparazioni e della accettazione della superficie.



L'impermeabilizzante steso non deve venire danneggiato dal traffico o da qualsiasi fattore prima di essere ricoperto da sabbia e dallo strato di pavimentazione bituminosa particolare attenzione dovrà essere rivolta ad evitare perdite di olio o di qualsiasi altro possibile solvente del bitume.

#### **9.7. 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.

#### **9.8. PROVE DI ACCETTAZIONE**

Tali prove saranno effettuate in sede di prequalifica, e durante la posa in opera per ogni 4000 m<sup>2</sup> di manto realizzato con il minimo di almeno 1 prova per ogni opera d'arte o manufatto. Tali prove potranno essere ripetute ad ogni richiesta della Direzione Lavori sui materiali approvvigionati in cantiere.

#### **9.9. 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 capitoli, nonché dei controlli di seguito riportati. Gli esiti e le certificazioni di queste verifiche dovranno essere riportati in apposito registro.

##### **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, a suo insindacabile giudizio, prove di adesione eseguite sul manto impermeabile prima della formazione della pavimentazione. Le prove saranno effettuate in presenza della D. L..

Le prove saranno eseguite in ragione di almeno una ogni 4 campate a scelta della D. L. (con un minimo di una prova per opere con meno di 4 campate).

La prova consiste nello strappo di 6 piastrelle metalliche di diametro compreso tra 5,00 e 10,00cm. Le piastrelle saranno incollate in punti scelti dalla D. L. ubicati su un reticolo cartesiano di lato non inferiore a 200cm. L'adesione delle piastrelle al manto sarà ottenuta a mezzo di resine epossidiche, previa accurata pulizia del manto e sabbatura della piastrina. Il manto sarà tagliato lungo la circonferenza delle piastrelle dopo la presa del collante e prima dell'esecuzione della prova.

La prova avrà esito positivo se:

\*228 ogni punto di prova avrà adesioni superiori a 0,80 kg/cm<sup>2</sup>

\*229 il valor medio di tutte le prove dovrà essere superiore a 1,00 kg/cm<sup>2</sup>.

In caso di fallimento della prova sarà richiesto di ripetere una seconda prova. Se anche la seconda prova risultasse non superata si procederà alla demolizione e rifacimento dell'impermeabilizzazione per la campata in esame e si ripeteranno le prove per le campate adiacenti non investigate con le stesse modalità di accettazione.

Al termine della prova le aree distaccate dovranno essere ripristinate con colata di asfalto fino all'estradosso 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.

## **10. PAVIMENTAZIONI**

## 10.1. FONDAZIONI E BASI NON LEGATE

### 10.1.1. Generalità e definizioni

Lo strato di fondazione della sovrastruttura stradale sarà realizzato con misti granulari non legati costituiti da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego.

Lo spessore da assegnare agli strati è fissato dal progetto.

L'aggregato grosso è quello di dimensione  $d$  uguale o maggiore di 1 mm e  $D$  maggiore di 2 mm, dove con  $d$  si indica la dimensione dello staccio inferiore e con  $D$  quella dello staccio superiore.

L'aggregato fine è quello di dimensione  $d$  uguale a zero e  $D$  minore o uguale a 6.3 mm.

Le miscele potranno essere formate da materiale idoneo oppure da correggersi mediante l'aggiunta o la sottrazione di determinate frazioni granulometriche, eseguita con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione o altri sistemi al fine di migliorarne le proprietà fisico meccaniche.

### 10.1.2. Qualificazione dei materiali

#### 10.1.2.1. Aggregati lapidei di primo impiego

L'aggregato grosso deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce di cava massive o di origine alluvionale, da elementi naturali a spigoli vivi o arrotondati; gli elementi possono essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nelle Tabella 12 -14.

**Tabella 12-14 Requisiti dell'aggregato grosso dei misti granulari di primo impiego per strati di fondazione**

| Indicatori di qualità                                |               | Unità di misura | Valori limiti |
|--|---------------|-----------------|---------------|
| Parametro  | Normativa     |                 |               |
| Resistenza alla frantumazione Los Angeles            | UNI EN 1097-2 | %               | ≤ 35          |
| Dimensione max                                       | UNI EN 933-1  | mm              | 63            |
| Percentuale di particelle frantumate                 | UNI EN 933-5  | %               | >30           |
| Resistenza al gelo disgelo ( $\Delta S_I$ )<br>( 1 ) | UNI EN 1367-1 | %               | ≤ 30          |
| ( 1 ) In zone soggette al gelo                       |               |                 |               |

L'aggregato fine deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nella Tabella 12 -15.

**Tabella 12-15 Requisiti dell'aggregato fine dei misti granulari di primo impiego per strati di fondazione**

| Indicatori di qualità          |               | Unità di misura | Valori limiti |
|--------------------------------|---------------|-----------------|---------------|
| Parametro                      | Normativa     |                 |               |
| Equivalente in sabbia          | UNI EN 933-8  | %               | ≥ 40          |
| Indice Plasticità              | CNR-UNI 10014 | %               | N.P.          |
| Limite Liquido                 | CNR-UNI 10014 | %               | ≤ 25          |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1  | %               | ≤ 6           |

Prima dell'inizio dei lavori, ai fini dell'accettazione, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione.

#### 10.1.2.2. Miscela

La miscela di aggregati da adottarsi per la realizzazione degli strati di fondazione o di base non legati deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 12-16.

**Tabella 12-16** Requisiti granulometrici della miscela

| Serie stacci UNI (mm) | Passante totale in peso |
|-----------------------|-------------------------|
| 56                    | 100                     |
| 22.4                  | 70/100                  |
| 11                    | -                       |
| 8                     | 30/70                   |
| 4                     | 23/55                   |
| 2                     | 15/40                   |
| 0.5                   | 8/25                    |
| 0.063                 | 2/15                    |

L'aggregato non deve presentare forma appiattita, allungata o lenticolare. In ogni caso, la dimensione massima dell'aggregato non deve superare la metà dello spessore dello strato ed il rapporto tra il passante allo staccio UNI 0.063 mm ed il passante allo staccio UNI 0.5 mm deve essere inferiore a 2/3.

L'indice di portanza CBR, determinato secondo quanto prescritto dalla CNR-UNI 10009:64, dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante allo staccio UNI EN 20 mm), non deve essere minore del valore assunto per il calcolo della pavimentazione, che è pari a 80. È inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di  $\pm 2\%$  rispetto all'umidità ottimale di costipamento.

Il modulo resiliente (Mr) della miscela impiegata deve essere maggiore di 250 MPa e può essere determinato applicando la norma AASHTO T294.

I diversi componenti e, in particolare, le sabbie devono essere del tutto privi di materie organiche, solubili, alterabili e friabili

#### **10.1.3. Accettazione delle miscele**

La composizione delle miscele da adottare dovrà essere comunicata dall'Impresa alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione. Per ogni provenienza del materiale, ciascuna miscela proposta deve essere corredata da una documentazione dello studio di composizione effettuato; la documentazione deve comprendere i risultati delle prove sperimentali, effettuate presso un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione attestanti il possesso dei requisiti elencati al § 10.1.2. Lo studio di laboratorio deve comprendere la determinazione della curva di costipamento con energia AASHTO modificata (CNR 69/78) per l'individuazione del valore di riferimento della massa volumica secca massima della miscela ( $\gamma_s \text{ max}$ ).

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio delle miscele, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ad esso.

#### **10.1.4. Confezionamento delle miscele**

L'Impresa deve indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, le aree ed i metodi di stoccaggio (con i provvedimenti che intende adottare per la protezione dei materiali dalle acque di ruscellamento e da possibili inquinamenti), il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

#### **10.1.5. Esecuzione dei lavori**

Il piano di posa dello strato deve essere ripulito da materiale estraneo ed avere le quote, la sagoma ed i requisiti di compattezza richiesti. Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 25 cm e non inferiore a 10 cm;

Una volta costipato, il materiale dovrà presentarsi uniformemente miscelato in modo che non si verifichi la segregazione dei suoi componenti. Al fine di raggiungere l'umidità prescritta in funzione della massa volumica, potrà essere necessaria l'aggiunta di acqua, che dovrà effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori. La stesa andrà eseguita con finitrice o grader appositamente equipaggiato.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Comunque, qualora

dovessero verificarsi danni dovuti al gelo o un eccesso di umidità, lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento deve presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi. L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla D.L. con una prova sperimentale di campo usando le miscele messe a punto per quel cantiere .

#### 10.1.6. Controlli

Per controllare la qualità dei materiali e la loro posa in opera, si eseguiranno prove di laboratorio sui materiali costituenti, sul materiale prelevato in sito al momento della stesa oltre che sullo strato finito.

##### 10.1.6.1. Controllo delle forniture

Le caratteristiche di accettazione dei materiali elencate al §10.1.2 vanno verificate prima dell'inizio dei lavori e ogni qualvolta cambino i luoghi di provenienza del materiale naturale o i lotti omogenei dei materiali riciclati. Per ogni approvvigionamento omogeneo, la frequenza delle prove di attitudine deve rispettare, per ogni tipo di controllo da effettuare, i criteri quantitativi riportati nella Tabella 12 -17 per i misti naturali di primo impiego, salvo diverse e documentate prescrizioni da parte della Direzione dei Lavori

**Tabella 12-17 Frequenza dei controlli e requisiti delle forniture dei misti granulari di primo impiego**

| Controllo             | Ubicazione prelievo | Frequenza  | Requisiti      |
|-----------------------|---------------------|--|----------------|
| Aggregato grosso      | Impianto            | Iniziale, poi ogni 6 mesi  | Tabella 12 -14 |
| Aggregato fine        | Impianto            | Iniziale, poi ogni 6 mesi  | Tabella 12 -15 |
| Granulometria miscela | Sito                | Iniziale, poi giornaliera oppure ogni 1000 m <sup>3</sup> di stesa | Tabella 12 -16 |

La granulometria delle miscele deve essere verificata giornalmente, prelevando il materiale in sito già miscelato, subito dopo aver effettuato il costipamento. Rispetto alla qualificazione delle forniture, nella curva granulometrica sono ammessi variazioni delle singole percentuali dell'aggregato grosso di  $\pm 5$  punti e di  $\pm 2$  punti per l'aggregato fine. In ogni caso non devono essere superati i limiti dei fusi assegnati (Tabella 12 -16). L'equivalente in sabbia (UNI EN 933-8) dell'aggregato fino deve essere verificato almeno ogni tre giorni lavorativi.

##### 10.1.6.2. Controlli prestazionali sugli strati finiti

Il livello prestazionale degli strati posti in opera può essere accertato, in relazione alle caratteristiche del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove AASHTO Mod. di laboratorio e attraverso il controllo della capacità portante.

Il controllo mediante misure di massa volumica del secco in sito (CNR B.U. n.22/72) può essere effettuato soltanto se, come previsto dalla norma CNR B.U. n.69/1978, la frazione di materiale trattenuta al setaccio da 20 mm UNI EN 932-2 non supera il 35% della massa totale. In questo caso il controllo può essere effettuato previa correzione della massa volumica del secco in sito per tenere conto della presenza di elementi lapidei di dimensioni maggiori di 20 mm:

$$\gamma_{d,sito} = \frac{P_d - P'_d}{V - V'}$$

- Pd : massa totale dopo essiccazione del materiale prelevato;  
 V : volume totale occupato in sito dal materiale prelevato;  
 P'd : massa del secco della frazione trattenuta al staccio UNI EN 20 mm;  
 V' = P'd /  $\gamma_s$  : volume della frazione trattenuta al staccio UNI EN 20 mm;  
 $\gamma_s$  : massa volumica apparente della frazione trattenuta al staccio UNI EN 20 mm.

Quando per le caratteristiche dimensionali del materiale non sia possibile procedere al controllo prestazionale con misure di massa volumica (non essendo possibile determinare riferimenti rappresentativi da prove di costipamento AASHTO Mod. di laboratorio), per valutare il grado di costipamento la Direzione Lavori può prescrivere l'esecuzione di prove di carico con piastra a doppio ciclo di carico (CNR B.U. 146/92) per la determinazione dei moduli di deformazione  $M_d$  e  $M'_d$ .

La determinazione del modulo  $M'_d$  al secondo ciclo di carico permette, in ogni caso, di ottenere più ampi elementi di giudizio sulla qualità meccanica degli strati posti in opera, ivi compresi quelli sottostanti lo strato provato. Il rapporto tra il valore del modulo di deformazione  $M'_d$  al secondo ciclo di carico ed il valore del modulo di deformazione  $M_d$  al primo ciclo di carico non dovrà, almeno nel 95% delle determinazioni, essere superiore ai limiti previsti nella Tabella 12 -18 per i rispettivi livelli di traffico.

#### 10.1.6.2.1. Portanza

La misura della portanza deve accertare che le prestazioni dello strato finito soddisfino le richieste degli elaborati di progetto e siano conformi a quanto dichiarato prima dell'inizio dei lavori nella documentazione presentata dall'Impresa, ai sensi di quanto previsto al § 10.1.3. La metodologia d'indagine impiegata dovrà essere tale da fornire parametri di controllo identici, o comunque direttamente confrontabili, con quelli utilizzati nel calcolo della pavimentazione. A tale scopo sono ammesse sia prove puntuali (prove di carico con piastra) per la determinazione del Modulo di deformazione ( $M_d$ ) dello strato, sia prove di deflessione ad elevato rendimento per la determinazione del Modulo elastico dinamico ( $M_{ed}$ ).

Il Modulo di deformazione ( $M_d$ ) dello strato deve essere quello inserito nel progetto della pavimentazione e viene determinato impiegando la metodologia indicata nella norma (CNR 146/92).

Il Modulo elastico dinamico ( $M_{ed}$ ) dello strato deve essere quello utilizzato nel progetto della pavimentazione e viene determinato mediante la misura della portanza dello stesso, effettuata con attrezzatura tipo Light Weight Deflectometer-LFWD, dotata di misuratori di abbassamento (deflessione) operanti su 3 punti di una linea a distanza prefissata dalla piastra di carico, nel modo qui di seguito descritto:

a) la massa battente da usare e l'altezza di caduta verranno stabilite, mediante prove da effettuare prima della misura, in modo da non lasciare deformazioni permanenti sotto la piastra; l'altezza di caduta o la massa battente, se ciò succede, dovranno essere ridotte fino ad avere una deformazione di tipo elastico;

b) le misure verranno effettuate nelle condizioni stabilite al punto precedente, controllando che comunque anche in altre zone di prova non si abbia deformazione plastica; il Modulo elastico dinamico dello strato di fondazione verrà calcolato interpretando le misure mediante specifico software di retrocalcolo di riconosciuta validità da parte dell'Amministrazione.

In assenza di specifiche indicazioni di progetto, che stabiliscano soglie minime diverse, i valori dei moduli di deformazione  $M_d$  (valutati attraverso prova di carico con piastra al primo ciclo di carico nell'intervallo tra 0,15 e 0,25 N/mm<sup>2</sup>) ed i valori dei moduli elastici dinamici  $M_{ed}$  non dovranno essere inferiore ai valori limite riportati nella Tabella 12 -18.

Al momento della costruzione degli strati di pavimentazione sovrastanti tutti i valori di portanza dello strato di fondazione dovranno essere non inferiori ai valori limite previsti.

#### 10.1.6.2.2. Tolleranze sui risultati

A discrezione della Direzione Lavori possono essere ammesse le seguenti tolleranze sui risultati delle prove di controllo.

Per ciascun tipo di prova, nel caso in cui il numero delle misure risulti inferiore a 5, come può avvenire per lavori di entità molto modesta, tutti i valori misurati debbono rispettare le soglie minime riportate nella suddetta Tabella 12 -18.

Negli altri casi si può accettare che su n. 5 risultati di una stessa prova di controllo n. 1 possa non rispettare i valori minimi richiesti, purché lo scostamento da tali valori non ecceda:

- il 3%, per la misura del grado di addensamento;
- il 5%, per le misure dei moduli  $M_d$  e  $M'_d$ .

Per le prove deflettometriche ad alto rendimento la media dei valori del modulo elastico dinamico  $M_{ed}$  ricavata da almeno 12 determinazioni non dovrà essere inferiore ai valori minimi prestabiliti. Può essere tollerato uno scostamento da tali valori minimi purché lo scostamento stesso non ecceda il 10%.

#### 10.1.6.2.3. Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto

Le superfici finite devono risultare perfettamente piane, con scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm, controllati mediante regolo rigido di 4 m di lunghezza (Norma UNI EN 13036-7/2004) disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore medio dello strato finito deve essere quello previsto in Progetto, con una tolleranza del 5% purché tale differenza si presenti solo nel 20% dei rilievi effettuati.

Salvo documentata diversa prescrizione della Direzione Lavori, la frequenza delle prove deve rientrare negli intervalli indicati in Tabella 12 -18

**Tabella 12-18 Frequenza dei controlli e requisiti prestazionali degli strati finiti**

| CONTROLLI   | Valori limiti                    | FREQUENZA                          |
|---|----------------------------------|------------------------------------|
| Grado di addensamento<br>$\gamma_d/\gamma_{dmax, laboratorio}$ [%]              | $\geq 98$ % AASHTO<br>Mod.       | Ogni 1.000 m <sup>2</sup> di stesa |
| Rapporto Md / Md'   | $\geq 2,0$                       | Ogni 1.000 m <sup>2</sup> di stesa |
| Modulo di deformazione<br>Md [N/mm <sup>2</sup> ]                               | $\geq 90$                        | Ogni 1.000 m <sup>2</sup> di stesa |
| Modulo elastico dinamico<br>equivalente<br>M <sub>ed</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] | $\geq 180$                       | Ogni 250 m <sup>2</sup> di stesa   |
| Spessore degli strati   | spessore di<br>progetto          | Ogni 500 m <sup>2</sup> di stesa   |
| Scostamento con regolo da<br>4 m  | < 10 mm dai piani<br>di Progetto | Ogni 500 m di stesa                |

## 10.2. STRATI DI FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO

### 10.2.1. Generalità e definizioni

Il misto cementato può essere costituito da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego (misto granulare) o aggregati riciclati trattati in impianto di lavorazione ai sensi del D.M. 5 Febbraio 1998 (§2.2.3), confezionata in impianto con un legante idraulico (cemento) ed acqua. L'aggregato grosso è quello di dimensione  $d$  uguale o maggiore di 1 mm e  $D$  maggiore di 2 mm, dove con  $d$  si indica la dimensione dello staccio inferiore e con  $D$  quella dello staccio superiore.

L'aggregato fine è quello di dimensione  $d$  uguale a zero e  $D$  minore o uguale a 6.3 mm.

La miscela di aggregati e legante deve assumere, dopo un adeguato tempo di stagionatura, una resistenza meccanica durevole ed apprezzabile mediante prove eseguibili su provini di forma assegnata, anche in presenza di acqua o gelo.

### 10.2.2. Qualificazione dei materiali

#### 10.2.2.1. Aggregati lapidei di primo impiego

L'aggregato grosso deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 12-19.

L'aggregato fine deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nella Tabella 12-20.

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione.

**Tabella 12-19 Requisiti dell'aggregato grosso di primo impiego per la formazione di misti cementati**

| Indicatori di qualità                               |               | Unità di misura | Requisito |
|---|---------------|-----------------|-----------|
| Parametro   | Normativa     |                 |           |
| Resistenza alla frantumazione Los Angeles           | UNI EN 1097-2 | %               | $\leq 30$ |
| Dimensione max                                      | UNI EN 933-1  | mm              | 40        |
| Resistenza al gelo/ disgelo ( $\Delta S_{ia}$ ) (°) | UNI EN 1367-1 | %               | $\leq 30$ |
| Percentuale di particelle frantumate                | UNI EN 933-5  | %               | $\geq 30$ |
| Contenuto di rocce reagenti con alcali del cemento  |               | %               | $\leq 1$  |
| Passante allo staccio 0.063 mm                      | UNI EN 933-8  | %               | $\leq 1$  |

**Tabella 12-20 Requisiti dell'aggregato fine di primo impiego per la formazione di misti cementati**

| Indicatori di qualità   |               | Unità di misura | Requisito             |
|---|---------------|-----------------|-----------------------|
| Parametro   | Normativa     |                 |                       |
| Rocce tenere, alterate o scistose                               | CNR BU 104/84 | %               | $\leq 1$              |
| Rocce degradabili, solfatiche o reagenti con alcali del cemento | CNR BU 104/84 | %               | $\leq 1$              |
| Equivalentente in sabbia  | UNI EN 933-8  | %               | $30 \leq E_s \leq 60$ |
| Indice Plasticità   | CNR-UNI 10014 | %               | N.P.                  |



|                |               |   |      |
|----------------|---------------|---|------|
| Limite Liquido | CNR-UNI 10014 | % | ≤ 25 |
|----------------|---------------|---|------|

### 10.2.2.2. Aggregati riciclati

L'intrinseca variabilità di provenienza dei materiali che compongono gli aggregati riciclati impone di caratterizzarli qualificandoli per lotti omogenei (§2.2.3).

#### Requisiti di composizione

Il misto granulare riciclato per la formazione del misto cementato dovrà essere costituito da aggregati riciclati in possesso dei requisiti di composizione indicati nella seguente Tabella 12 -21.

#### Requisiti fisico-meccanici

Per gli elementi dell'aggregato grosso devono essere soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 12 -22.

**Tabella 12-21 Requisiti di composizione degli aggregati riciclati per la formazione di misti cementati**

| Parametro  | Modalità di prova           | Limiti                               |
|--|-----------------------------|--------------------------------------|
| Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, prodotti ceramici, malte idrauliche ed aeree, intonaci, scorie spente e loppe di fonderia di materiali ferrosi         | UNI EN 13285<br>Appendice A | > 90% in massa                       |
| Vetro e scorie vetrose   | UNI EN 13285<br>Appendice A | < 5% in massa                        |
| Conglomerati bituminosi  | UNI EN 13285<br>Appendice A | < 5% in massa                        |
| Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero in sottofondi e fondazioni stradali ai sensi della legislazione vigente ( * )   | UNI EN 13285<br>Appendice A | < 5% in massa per ciascuna tipologia |
| Materiali deperibili: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitume;<br>Materiali plastici cavi: corrugati, tubi o parti di bottiglie di materia plastica, ecc. ( ** )         | UNI EN 13285<br>Appendice A | < 0,2% in massa                      |
| Altri materiali: metalli, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, gesso, ecc.  | UNI EN 13285<br>Appendice A | < 0,4% in massa                      |
| ( * ) Decreto Legislativo n.22 del 05/02/1997 e successivi aggiornamenti e integrazioni.   |                             |                                      |
| ( ** ) La massa dei materiali deperibili, gravata di un fattore amplificativi 5, deve essere assegnata alla categoria delle rocce degradabili per il rispetto dei requisiti riportati nelle seguenti Tabella 3.4 e Tabella 3.5 |                             |                                      |

**Tabella 12-22 Requisiti dell'aggregato grosso dei misti granulari riciclati per la formazione di misti cementati**

| Indicatori di qualità               |               | Unità di misura | Requisito |
|-------------------------------------|---------------|-----------------|-----------|
| Parametro                           | Normativa     |                 |           |
| Perdita per abrasione "Los Angeles" | UNI EN 1097-2 | %               | ≤ 30      |
| Dimensione max                      | UNI EN 933-1  | mm              | 30        |

|   |               |   |      |
|---|---------------|---|------|
| Sensibilità al gelo ( ° )                                       | UNI EN 1367-1 | % | ≤ 30 |
| Indice di forma   | UNI EN 933-4  | % | ≤ 35 |
| Indice di appiattimento   | UNI EN 933-3  | % | ≤ 35 |
| Rocce tenere, alterate o scistose                               | CNR BU 104/84 | % | ≤ 1  |
| Rocce degradabili, solfatiche o reagenti con alcali del cemento | CNR BU 104/84 | % | ≤ 1  |

L'aggregato fine deve essere costituito da elementi che possiedano le caratteristiche riportate nella seguente .

**Tabella 12-23 Requisiti dell'aggregato fine dei misti granulari riciclati per la formazione di misti cementati**

| Indicatori di qualità   |               | Unità di misura | Requisito |
|---|---------------|-----------------|-----------|
| Parametro   | Normativa     |                 |           |
| Rocce tenere, alterate o scistose                               | CNR BU 104/84 | %               | ≤ 1       |
| Rocce degradabili, solfatiche o reagenti con alcali del cemento | CNR BU 104/84 | %               | ≤ 1       |
| Equivalente in sabbia   | UNI EN 933-8  | %               | ≥ 35      |
| Indice Plasticità   | CNR-UNI 10014 | %               | N.P.      |
| Limite Liquido  | CNR-UNI 10014 | %               | ≤ 25      |

#### **Requisiti chimici**

I materiali riciclati debbono appartenere alle tipologie 7.1, 7.2, 7.11 e 7.17 del D.M. 05/02/98, n.72. Non sono ammessi materiali contenenti amianto e/o sostanze pericolose e nocive o con significativi contenuti di gesso. Pertanto, tali materiali debbono essere sottoposti ai test di cessione sul rifiuto come riportato in Allegato 3 del citato D.M. del 05/02/98, o a test equivalente di riconosciuta valenza europea (UNI 10802).

Il contenuto totale di solfati e solfuri (Norma UNI EN 1744-1) deve essere ≤1 %. Se il materiale viene posto in opera a contatto con strutture in cemento armato, tale valore deve essere ≤0,5 %.

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati di primo impiego o riciclati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio di fiducia dell'Amministrazione.

#### **10.2.2.3. Cemento**

Il cemento è un legante idraulico, cioè un materiale inorganico finemente macinato che, mescolato con acqua, forma una pasta che rapprende e indurisce a seguito di processi e reazioni di idratazione e che, una volta indurita, mantiene la sua resistenza e la sua stabilità anche sott'acqua.

Saranno impiegati i seguenti tipi di cemento, elencati nella norma UNI EN 197-1: 2001 :

- tipo I (Portland);
- tipo II (Portland composito);
- tipo III (d'altoforno);
- tipo IV (pozzolanico);
- tipo V (composito).

I cementi utilizzati dovranno rispondere ai requisiti previsti dalla L. 595/65. Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, i cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati come previsto dal DPR 13/9/93 n. 246 e dal D.M. 12/07/93 n. 315. Tale certificazione sarà rilasciata dall'Istituto Centrale per la Industrializzazione e la Tecnologia Edilizia (I.C.I.T.E.), o da altri organismi autorizzati ai sensi del D.M. 12/07/93 n. 315.

#### 10.2.2.4. **Acqua**

L'acqua utilizzata nel confezionamento degli strati deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e da qualsiasi altra sostanza nociva.

#### 10.2.2.5. **Ceneri volanti**

Per modificare le caratteristiche del calcestruzzo possono essere aggiunti materiali inorganici finemente macinati. È ammesso, inoltre, l'utilizzo di ceneri volanti conformi alla norma UNI EN 450:1995, sia ad integrazione dell'aggregato fine sia in sostituzione del cemento. La quantità in peso di ceneri da aggiungere, in sostituzione del cemento, per ottenere pari caratteristiche meccaniche, sarà stabilita con prove di laboratorio, nella fase di studio delle miscele e comunque non potrà superare il 40% del peso di cemento indicato in prima istanza. Indicativamente ogni punto percentuale di cemento potrà essere sostituito da 4-5 punti percentuali di ceneri.

#### 10.2.3. **COMPOSIZIONE DELLE MISCELE**

La miscela di aggregati (misto granulare) da adottarsi per la realizzazione del misto cementato deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 12 -24 quando si utilizzano aggregati lapidei di primo impiego e in Tabella 12 -25 quando si utilizzano aggregati riciclati.

**Tabella 12-24 Requisiti granulometrici della miscela di aggregati di primo impiego per misti cementati**

| Serie stacci UNI (mm) | Miscela                 |        |
|-----------------------|-------------------------|--------|
|                       | A                       | B      |
|                       | Passante totale in peso |        |
| 31.5                  | 100                     | 100    |
| 22.4                  | 80/100                  | -      |
| 20                    | 72/90                   | 65/100 |
| 12                    | 53/70                   | 45/70  |
| 8                     | 40/55                   | 35/60  |
| 4                     | 28/40                   | 23/45  |
| 2                     | 8/18                    | 6/14   |
| 0.125                 | 6/14                    | 2/7    |
| 0.075                 | 5/10                    | -      |

**Tabella 12-25 Requisiti granulometrici della miscela di aggregati riciclati per misti cementati**

| Serie stacci UNI (mm) | Passante totale in peso |
|-----------------------|-------------------------|
| 31.5                  | 100                     |
| 20                    | 70/100                  |
| 14                    | 55/78                   |
| 10                    | 45/65                   |
| 4                     | 28/42                   |
| 2                     | 18/30                   |
| 0.5                   | 8/18                    |
| 0.125                 | 5/13                    |
| 0.063                 | 2/10                    |

Il contenuto di cemento, delle eventuali ceneri volanti dosate in sostituzione del cemento stesso, ed il contenuto d'acqua della miscela, vanno espressi come percentuale in peso rispetto al totale degli aggregati costituenti il misto granulare di base. Tali percentuali saranno stabilite in base ad uno studio della miscela, effettuato in laboratorio, secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 29/72 sulla base del quale verranno

anche identificati i valori di massa volumica del secco e di resistenza da utilizzare nelle prove di controllo. Le miscele adottate dovranno possedere i requisiti riportati nella Tabella 12 -26.

**Tabella 12-26 Requisiti meccanici dei misti cementati**

| Parametro   | Normativa | Valore                                 |
|---|-----------|--|
| Resistenza a compressione a 168 ore                                       | CNR 29/72 | $2.5 \leq R_c \leq 4.5 \text{ N/mm}^2$ |
| Resistenza a trazione indiretta a 168 ore (Prova Brasiliana) <sup>5</sup> | CNR 97/84 | $R_t \geq 0.25 \text{ N/mm}^2$         |

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 7.5 N/mm<sup>2</sup>. Nel caso in cui il misto cementato debba essere impiegato in zone in cui sussista il rischio di degrado per gelo-disgelo, è facoltà della Direzione Lavori richiedere che la miscela risponda ai requisiti della norma SN 640 509a.

#### **10.2.4. Accettazione delle miscele**

L'Impresa è tenuta a comunicare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione dello studio di composizione effettuato, che non dovrà essere più vecchio di un anno. Dovranno far parte di tale documentazione anche le curve rappresentative delle variazioni del modulo elastico delle miscele, in funzione dei giorni di maturazione: da esse sarà possibile evincere il raggiungimento dei valori di modulo delle miscele previsto nel calcolo della pavimentazione. Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio delle miscele, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ad esso. Nella curva granulometrica sono ammessi variazioni delle singole percentuali di aggregato grosso di  $\pm 5$  punti e di  $\pm 2$  punti per l'aggregato fino. In ogni caso non devono essere superati i limiti del fuso. Per la percentuale di cemento nelle miscele è ammessa una variazione di  $\pm 0.5\%$ .

#### **10.2.5. Confezionamento delle miscele**

Il misto cementato deve essere confezionato mediante impianti automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte. L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per evitare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano compromettere la pulizia degli aggregati. I cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei pre-dosatori eseguita con la massima cura. Non è consentito il mescolamento di cementi diversi per tipo, classe di resistenza o provenienza. Il cemento e le aggiunte dovranno essere adeguatamente protetti dall'umidità atmosferica e dalle impurità.

#### **10.2.6. Esecuzione dei lavori**

##### **10.2.6.1. Preparazione delle superfici di stesa**

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza dello stesso ai requisiti prescritti. Ogni depressione, avvallamento o ormaia presente sul piano di posa deve essere corretta prima della stesa. Inoltre, prima della stesa è necessario verificare che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla sua bagnatura evitando tuttavia la formazione di una superficie fangosa.

<sup>5</sup>

I provini per la prova di trazione indiretta sono gli stessi impiegati per la prova di compressione (CNR BU 29)

#### **10.2.6.2. Posa in opera delle miscele**

La stesa verrà eseguita impiegando macchine finitrici vibranti. Il tempo massimo tra l'introduzione dell'acqua nella miscela del misto cementato e l'inizio della compattazione non dovrà superare i 60 minuti. Le operazioni di compattazione dello strato devono essere realizzate con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado di addensamento e le prestazioni richieste. In generale, è preferibile che le operazioni di addensamento siano eseguite prima con rullo a ruote vibranti e dopo con rullo gommato; in alternativa si possono utilizzare rulli misti vibranti-gommati. L'idoneità dei mezzi di costipamento verrà determinata dalla Direzione Lavori sulla base dei risultati ottenuti su stese sperimentali in campo prove utilizzando le stesse miscele messe a punto con lo studio di laboratorio.

La stesa della miscela non deve di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C e mai sotto la pioggia. Nel caso in cui le condizioni climatiche (temperatura, soleggiamento, ventilazione) comportino una elevata velocità di evaporazione, è necessario provvedere ad una adeguata protezione delle miscele sia durante il trasporto che durante la stesa. Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non deve superare di norma le due ore per garantire la continuità della struttura. Particolari accorgimenti devono adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale similare. Il giunto di ripresa deve essere ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa. Se non si fa uso della tavola si deve, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale. Non devono essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

#### **10.2.6.3. Protezione superficiale dello strato finito**

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e finitura dello strato, deve essere applicato un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1-2 kg/m<sup>2</sup> (in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto) e successivo spargimento di sabbia. Il tempo di maturazione protetta non dovrà essere inferiore a 72 ore, durante le quali il misto cementato dovrà essere protetto dal gelo. Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati. Aperture anticipate sono consentite solo se previste nella determinazione della resistenze raggiunta dal misto. Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause devono essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

#### **10.2.7. Controlli**

Il controllo della qualità dei misti cementati e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela prelevata allo stato fresco al momento della stesa, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

##### **10.2.7.1. Controllo delle forniture**

Oltre ai controlli iniziali necessari per l'accettazione, anche in corso d'opera, per valutare che non abbiano a verificarsi variazioni nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di controllo su campioni prelevati in contraddittorio con la Direzione dei Lavori. Il controllo della qualità dei misti granulari di primo impiego o riciclati impiegati per la formazione del misto cementato, deve essere effettuato mediante prove di laboratorio su campioni prelevati in impianto prima della miscelazione. Il numero dei campioni dipende dall'eterogeneità dei materiali interessati; per ogni approvvigionamento omogeneo la numerosità delle prove di attitudine deve rispettare i criteri quantitativi riportati nelle Tabella 12 -27 e Tabella 12 -28 per ogni tipo di controllo da effettuare, salvo diverse e documentate prescrizioni della Direzione dei Lavori.

##### **10.2.7.2. Controlli delle miscele prelevate in fase di posa in opera**

Il prelievo del misto cementato fresco avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Sui campioni prelevati alla vibrofinitrice saranno effettuati, presso un Laboratorio di fiducia dell'Amministrazione, i controlli della distribuzione granulometrica dell'aggregato e la verifica delle caratteristiche di resistenza meccanica. La resistenza a compressione di ciascun prelievo sarà ottenuta come media dei valori di 4 provini, confezionati e portati a rottura secondo quanto previsto dal CNR B.U. n.29/72. La resistenza a

trazione indiretta di ciascun prelievo sarà ottenuta come media dei valori determinati su 4 provini, confezionati secondo quanto previsto dal B.U. CNR n.29/72 e portati a rottura secondo quanto previsto dal CNR B.U. n.97/84. I valori rilevati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nella documentazione presentata prima dell'inizio dei lavori, ai sensi di quanto previsto al § 10.2.4

Il numero e la tipologia dei controlli da effettuare sul misto cementato prelevato al momento della posa in opera è riportato nella Tabella 12 -29, salvo diverse e documentate prescrizioni della Direzione dei Lavori.

**Tabella 12-27 Frequenza dei controlli e requisiti delle forniture dei misti granulari di primo impiego**

| Controllo        | Frequenza   | Requisiti      |
|------------------|-------------|----------------|
| Aggregato grosso | Settimanale | Tabella 12 -19 |
| Aggregato fino   | Settimanale | Tabella 12 -20 |
| Granulometria    | Settimanale | Tabella 12 -24 |

**Tabella 12-28 Frequenza dei controlli e requisiti delle forniture dei misti granulari riciclati**

| Controllo            | Frequenza                           | Requisiti       |
|----------------------|-------------------------------------|-----------------|
| Materiali componenti | Iniziale e per ogni lotto impiegato | Tabella 12 -21. |
| Aggregato grosso     | Iniziale e per ogni lotto impiegato | Tabella 12 -22  |
| Aggregato fino       | Iniziale e per ogni lotto impiegato |                 |
| Granulometria        | Iniziale e per ogni lotto impiegato | Tabella 12 -25  |

### 10.2.7.3. Controlli prestazionali sugli strati finiti

Il livello prestazionale degli strati posti in opera può essere accertato, in relazione alle caratteristiche del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove AASHTO di laboratorio e attraverso il controllo della capacità portante. A compattazione ultimata, la massa volumica in sito non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento (ottimo) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure della massa volumica sono effettuate secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 22.

#### 10.2.7.3.1. Portanza

La misura della portanza deve accertare che le prestazioni dello strato finito siano non inferiori a quelle previste nel Progetto delle sovrastrutture e siano conformi a quanto dichiarato prima dell'inizio dei lavori nella documentazione presentata dall'Impresa, ai sensi di quanto indicato al § 10.2.4. La metodologia di indagine impiegata dovrà essere tale da fornire, parametri di controllo identici, o comunque direttamente confrontabili, con quelli utilizzati nel calcolo della pavimentazione.

**Tabella 12-29 Frequenza dei controlli e requisiti dei misti cementati prelevati nella fase di posa in opera**

| Controllo  | Frequenza  | Requisiti                        |
|--|--|----------------------------------|
| Granulometria miscela                                  | Giornaliera oppure ogni 2500 m <sup>2</sup> di stesa | Curva granulometrica di progetto |
| Resistenza a compressione a 168 ore (CNR B.U. n.29/72) | Giornaliera oppure ogni 2500 m <sup>2</sup> di stesa | Tabella 12 -26                   |

|   |  |                |
|---|--|----------------|
| Resistenza a trazione indiretta a 168 ore (Prova brasiliana) (CNR B.U. n.97/84) ( * )   | Giornaliera oppure ogni 2500 m <sup>2</sup> di stesa | Tabella 12 -26 |
| ( * ) I provini per la prova di trazione indiretta sono dello stesso tipo di quelli confezionati per la prova di compressione (CNR B.U. 29) |  |                |

A tale scopo, sono ammesse sia prove puntuali (prove di carico con piastra secondo la Norma CNR B.U. n. 146/92) sia prove ad elevato rendimento eseguite con il Falling Weight Deflectometer (ASTM D4694/96) per la determinazione del modulo elastico dinamico E. Sono ammesse sia prove effettuate direttamente sullo strato (prove di carico con piastra, rilievo delle deflessioni con Falling Weight Deflectometer), sia prove effettuate sullo strato ricoperto (con Falling Weight Deflectometer).

In ogni caso i valori dei moduli di deformazione  $M_d$  valutati al primo ciclo di carico nell'intervallo tra 0,15 e 0,25 N/mm<sup>2</sup> secondo la Norma CNR B.U. n.146/1992, rilevati in un tempo compreso tra 3 e 12 ore dal termine della compattazione, non potranno essere inferiori ai valori limite riportati nella Tabella 12 -30, o ai limiti indicati in Progetto quando questi ultimi siano superiori.

I valori del modulo elastico dinamico  $M_{ed}$  ricavati con il Falling Weight Deflectometer da rilievi effettuati dopo 7 giorni o dopo 60 giorni dalla posa in opera non potranno essere inferiori ai valori limite riportati nella Tabella 12 -30, o ai valori indicati nel Progetto quando questi ultimi siano superiori.

In alternativa alle misure di portanza, è ammesso il controllo basato sulla resistenza a compressione e sulla resistenza a trazione indiretta del materiale prelevato all'atto della stesa, secondo le modalità di cui al paragrafo 10.2.6.2. Al momento della costruzione degli strati di pavimentazione sovrastanti, tutti i valori di portanza dello strato di misto cementato dovranno essere non inferiori ai valori limite previsti.

#### 10.2.7.3.2. Tolleranze sui risultati

A discrezione della Direzione Lavori possono essere ammesse le seguenti tolleranze sui risultati delle prove di controllo.

Per ciascun tipo di prova, nel caso in cui il numero delle misure risulti inferiore a 5, come può avvenire per lavori di entità molto modesta, tutti i valori misurati debbono rispettare le soglie minime riportate nella suddetta Tabella 12 -30.

**Tabella 12-30 Frequenza dei controlli e requisiti prestazionali degli strati finiti**

| CONTROLLI   | REQUISITO  | FREQUENZA  |
|---|--|--|
| <b>Grado di addensamento</b><br>$\gamma_d/\gamma_{dmax, laboratorio}$ [%]   | $\geq 98$ % AASHO Mod.   | Giornaliera oppure ogni 1000 m <sup>2</sup> di stesa |
| <b>Modulo di deformazione</b><br>$M_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]<br>(da prova con piastra tra 3 e 12 ore dalla compattazione)              | $\geq 150$   | Giornaliera oppure ogni 1000 m <sup>2</sup> di stesa |
|   | (o della prestazione prevista in progetto)                       |  |
| <b>Modulo elastico dinamico</b><br>$M_{ed}$ [N/mm <sup>2</sup> ] ( * )<br>(da rilievi con FWD dopo 7 o 60 giorni dalla compattazione) | 7 gg. $\geq 2000$  | Ogni 250 m <sup>2</sup> di stesa                     |
|   | 60 gg. $\geq 3000$<br>(o della prestazione prevista in progetto) |  |
| <b>Spessore a mezzo di carotaggi</b>  | spessore di progetto   | Ogni 500 m <sup>2</sup> di stesa                     |
| <b>Regolarità dei piani con regolo da 4 m (scostamento)</b>   | < 10 mm dai piani di progetto                                    | Ogni 250 m <sup>2</sup> di stesa                     |

Negli altri casi si può accettare che su n. 5 risultati di una stessa prova di controllo n. 1 possa non rispettare i valori minimi richiesti, purché lo scostamento da tali valori non ecceda:

- il 3%, per la misura del grado di addensamento;
- il 5%, per le misure del modulo  $M_d$  ;

Per le prove deflettometriche ad alto rendimento la media dei valori del modulo elastico dinamico  $M_{ed}$ , ricavata da almeno 12 determinazioni, non dovrà essere inferiore ai valori minimi prestabiliti. Può essere tollerato uno scostamento da tali valori minimi, purché lo scostamento stesso non ecceda il 10%.

#### 10.2.7.3.3. Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto

Le superfici finite devono risultare perfettamente piane, con scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm, controllati mediante regolo rigido di 4 m di lunghezza (Norma UNI EN 13036-7/2004) disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore medio dello strato finito deve essere quello previsto nel Progetto, con una tolleranza del 5% purché tale differenza si presenti solo nel 20% dei rilievi effettuati.

Lo spessore dello strato viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate sulle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante. Per carenze superiori al 20% dello spessore di progetto si impone la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa. Salvo documentata diversa prescrizione della Direzione Lavori, la frequenza delle prove deve rientrare negli intervalli indicati in Tabella 12 -30

### 10.3. MISCELE PER STRATI DI BASE OTTENUTE DA RICICLAGGIO A FREDDO DI CONGLOMERATI BITUMINOSI FRESATI

#### 10.3.1. Generalità e definizioni

Il conglomerato bituminoso ottenuto per impasto del fresato stradale a temperatura ambiente con emulsione bituminosa e cemento viene realizzato mediante idonee attrezzature che consentano di impastare, stendere e compattare la miscela costituita dal conglomerato bituminoso preesistente, rifezionato granulometricamente, per correggere l'aumento di parti fini generate dalla fresatura stradale, eventuali inerti di integrazione, emulsione bituminosa modificata, acqua, cemento ed eventuali additivi.

#### 10.3.2. Qualificazione dei materiali

##### 10.3.2.1. Materiale da riciclare

Per materiale da riciclare si deve intendere quello proveniente dalla demolizione, anche parziale, della pavimentazione preesistente, eseguita con idonee macchine fresatrici. Per la realizzazione dello strato di base può essere utilizzato conglomerato bituminoso fresato di qualsiasi provenienza; sarà da preferirsi il fresato proveniente dalla demolizione dell'intero strato, privato dei primi centimetri componenti lo strato di usura.

Saranno utilizzabili anche materiali fresati dagli strati superiori della preesistente fondazione; in tal caso occorrerà verificare l'assenza di frazioni plastiche (limi, argille) che andranno allontanate qualora presenti.

Prima del suo reimpiego, il materiale da riciclare deve essere vagliato per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni maggiori al diametro massimo previsto per la miscela; occorrerà, inoltre, verificare la rispondenza alle prescrizioni granulometriche (UNI EN 933-1:1999) indicate nel fuso riportato in Tabella 3-1. Le percentuali di materiale da riciclare, sia provenienti da strati di conglomerato bituminoso sia dalla fondazione, devono essere obbligatoriamente dichiarate nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare prima dell'inizio dei lavori.

Tabella 3-1 Requisiti granulometrici della miscela di aggregati

| Serie stacci UNI (mm) |      | Passante totale in peso (%) |
|-----------------------|------|-----------------------------|
| Staccio               | 31,5 | 100                         |
| Staccio               | 20   | 70 – 100                    |
| Staccio               | 12,5 | 50 – 75                     |
| Staccio               | 8    | 35 – 58                     |
| Staccio               | 4    | 25 – 45                     |
| Staccio               | 2    | 15 – 35                     |
| Staccio               | 0,5  | 5 – 15                      |



|         |       |        |
|---------|-------|--------|
| Staccio | 0,25  | 3 – 11 |
| Staccio | 0,125 | 2 – 8  |
| Staccio | 0,063 | 1 – 5  |

### 10.3.2.2. Inerti d'integrazione

Qualora la curva granulometrica del materiale da riciclare non consenta la realizzazione della curva di progetto si dovrà operare mediante l'aggiunta di inerti di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso di Tabella 3-1.

Gli inerti d'integrazione risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi e degli aggregati fini e devono essere conformi a quanto riportato nelle Tabella 3-2 e Tabella 3-3. La quantità complessiva di inerti non ricoperti da bitume (fondazione e inerti d'integrazione) non deve superare il 20% in peso della miscela. Prima dell'inizio dei lavori, ai fini dell'accettazione, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione.

#### Aggregato grosso

Designazione attribuita agli aggregati di dimensione d uguale o maggiore di 1 mm e D maggiore di 2 mm, dove con d si indica la dimensione dello staccio inferiore e con D quella dello staccio superiore.

Deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti frantumati, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 3-2.

Tabella 3-2 Requisiti dell'aggregato grosso per strato di base

| Indicatori di qualità                  |                 |                 | VALORE |
|--|-----------------|-----------------|--------|
| Parametro                              | Normativa       | Unità di misura |        |
| Los Angeles                            | UNI EN 1097-2   | %               | ≤ 30   |
| Quantità di frantumato                 | UNI EN 933-5    | %               | ≥ 90   |
| Dimensione max                         | UNI EN 933-1    | mm              | 30     |
| Resistenza al gelo ( $\Delta S_{LA}$ ) | UNI EN 1367-1   | %               | ≤ 30   |
| Spogliamento                           | UNI EN 12697-11 | %               | ≤ 5    |
| Passante allo 0,063                    | UNI EN 933-1    | %               | ≤ 1    |

#### Aggregato fine

Designazione attribuita agli aggregati di dimensione d uguale a zero e D minore o uguale a 6,3 mm. Deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione e possedere le caratteristiche riassunte nella Tabella 3-3

Tabella 3-3 Requisiti dell'aggregato fine per strato di base

| Indicatori di qualità |                         |                 | VALORE |
|-----------------------|-------------------------|-----------------|--------|
| Parametro             | Normativa               | Unità di misura |        |
| Equivalente in Sabbia | UNI EN 933-8            | %               | ≥ 50   |
| Indice Plasticità     | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | %               | N.P.   |
| Limite Liquido        | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | %               | ≤ 25   |

### 10.3.2.3. Bitume

Il bitume finale deve essere costituito da quello presente nel materiale fresato integrato con quello proveniente dall'emulsione bituminosa cationica sovrastabilizzata formulata con bitume modificato. L'emulsione deve rispondere alle caratteristiche indicate nella Tabella 3-4.

Tabella 3-4 Caratteristiche dell'emulsione bituminosa

| Emulsione bituminosa            |              |                 |                           |
|---------------------------------|--------------|-----------------|---------------------------|
| Parametro                       | Normativa    | Unità di misura | Valori                    |
| Contenuto di acqua              | UNI EN 1428  | %               | 40±2                      |
| Contenuto di legante bituminoso | UNI EN 1431  | %               | 60±2                      |
| Contenuto di flussante          | UNI EN 1431  | %               | 0                         |
| Omogeneità                      | UNI EN 1429  | %               | < 0,2                     |
| Sedimentazione a 7 gg           | UNI EN 12847 | %               | < 10                      |
| PH (grado di acidità)           | UNI EN 12850 |                 | 2 ÷ 4                     |
| Cement mix                      | UNI EN 12848 | %               | 0% -<br>resiste > 20 min. |
| Residuo bituminoso              |              |                 |                           |
| Penetrazione a 25 °C            | UNI EN 1426  | dmm             | 50 - 70                   |
| Punto di rammollimento          | UNI EN 1427  | °C              | > 60                      |
| Punto di rottura (Frass)        | UNI EN 12593 | °C              | ≤ - 10                    |
| Ritorno elastico a 25 °C        | UNI EN 13398 | %               | > 75                      |

#### 10.3.2.4. Cemento

E' da considerarsi un additivo catalizzatore di processo, importante per regolare i tempi di rottura dell'emulsione che divengono più o meno critici in relazione al tipo di applicazione.

Nel riciclaggio a freddo deve essere impiegato cemento con classe di resistenza 32,5 N, appartenente ad uno dei seguenti tipi, elencati nella norma UNI EN 197-1/2001 :

- CEM I (cemento Portland);
- CEM III (cemento d'altoforno);
- CEM IV (cemento pozzolanico).

I cementi utilizzati dovranno rispondere ai requisiti previsti dalla L. 595/65. Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, i cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati come previsto dal DPR 13/9/93 n. 246 e dal D.M. 12/07/93 n. 315. Tale certificazione sarà rilasciata dall'Istituto Centrale per la Industrializzazione e la Tecnologia Edilizia (I.C.I.T.E.), o da altri organismi autorizzati ai sensi del D.M. 12/07/93 n. 315.

#### 10.3.2.5. Acqua

Deve essere impiegata acqua pura ed esente da sostanze organiche

### 10.3.3. Miscela

#### 10.3.3.1. Studio della miscela di progetto

La formulazione della miscela (granulometria del materiale da riciclare e degli inerti d'integrazione, percentuale di emulsione bituminosa, di cemento e di acqua) deve essere ottenuta mediante uno specifico studio che preveda:

prelievo, mediante fresatrice, sulla tratta interessata dai lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio degli stessi, di materiale sciolto fresato per la determinazione della curva granulometrica (UNI EN 933-1) ante e post-estrazione del bitume, della percentuale di bitume (UNI EN 12697-1) e delle caratteristiche del bitume estratto: penetrazione e punto di rammollimento (UNI EN 1426, UNI EN 1427). Per una corretta valutazione delle caratteristiche del materiale esistente le determinazioni sopra riportate devono essere eseguite sulla tratta interessata dai lavori almeno ogni 5000 m<sup>2</sup> di fascia stesa ed in caso di disomogeneità della miscela, intensificate.

Definizione della curva granulometrica di progetto con previsione di eventuale aggiunta di inerti d'integrazione. La curva granulometrica della miscela finale deve essere compresa nel fuso riportato in Tabella 3-1 e avere andamento continuo. Dopo la compattazione devono essere eseguiti controlli granulometrici per correggere eventuali variazioni.

Determinazione della massima densità della miscela di progetto mediante la preparazione di campioni di miscela essiccata (granulometria di progetto) del peso di 4500g (comprensivo di una percentuale di cemento pari a circa l'1%) con quantità crescenti di acqua dell'1,0% in peso; con il materiale di ogni campione si confezionano provini utilizzando la pressa giratoria con le condizioni di prova riportate in Tabella 3-5 e si determina la massa volumica secca geometrica ottenuta per ogni provino; la costruzione della curva della massa volumica secca in funzione dell'umidità consente di individuare la percentuale di acqua corrispondente alla massa volumica massima.

Determinazione della percentuale ottimale di emulsione e di cemento: utilizzando la pressa giratoria, con le condizioni di prova riportate in Tabella 3-5, si confezionano provini di miscela essiccata (granulometria di progetto) con quantità crescenti di emulsione bituminosa, cemento e acqua come specificato nella Tabella 3-6, facendo in modo che la percentuale di umidità dell'impasto w, determinata considerando la quantità di acqua e emulsione, non sia mai superiore a quella corrispondente alla massa volumica massima dell'impasto.

Tabella 3-5 Condizioni di prova per la preparazione dei provini

|                       |                                       |
|-----------------------|---------------------------------------|
| Angolo di rotazione   | 1,25 ° ± 0,02 °                       |
| Velocità di rotazione | 30 rotazioni al minuto                |
| Pressione verticale   | 600 kPa                               |
| Dimensioni provino    | 150 mm                                |
| N° giri               | 180                                   |
| Peso campione         | 4500 g comprensivo di cemento e acqua |

Tabella 3-6 Serie di provini da confezionare

| Cemento %                           | 1,5  |      |     | 2,0  |      |     | 2,5  |      |     |
|-------------------------------------|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|
| Bitume % proveniente dall'emulsione | 2,0  | 2,0  | 2,0 | 2,5  | 2,5  | 2,5 | 3,5  | 3,5  | 3,5 |
| Umidità % complessiva               | w-2% | w-1% | w   | w-2% | w-1% | w   | w-2% | w-1% | w   |
| Provini n°                          | 6    | 6    | 6   | 6    | 6    | 6   | 6    | 6    | 6   |

Prima di iniziare la maturazione, i provini devono essere messi a sgocciolare fin quando il contenuto d'acqua si è ridotto al 50% di quello iniziale. Ciascuna serie di provini così confezionata deve subire una maturazione a 40 °C in condizioni di umidità controllata per 72h e successivamente essere utilizzata per le seguenti prove: n.ro 2 provini per la determinazione della massa volumica secca geometrica di riferimento a 180 giri; n.ro 4 provini per la determinazione della resistenza a trazione indiretta a 25 °C dopo termostatazione per 4 ore in forno a 25 °C.

La miscela ottimale deve rispondere ai requisiti riportati in Tabella 3-7.

Tabella 3-7 Requisiti della miscela ottimale

| Requisiti meccanici   | Normativa                      | Unità di misura   | Valori |
|---|--------------------------------|-------------------|--------|
| Resistenza a trazione indiretta Rt a 72 ore di maturazione                  | UNI EN 12697-23 <sup>(*)</sup> | N/mm <sup>2</sup> | ≥ 0,4  |
| Coefficiente di trazione indiretta CTI <sup>6</sup> a 72 ore di maturazione | UNI EN 12697-23 <sup>(*)</sup> | N/mm <sup>2</sup> | ≥ 60   |

<sup>(\*)</sup> velocità di avanzamento della pressa pari a 0,423 mm/s

Con la miscela ottimale, ottenuta in base ai risultati delle prove eseguite sui provini maturati per 72 ore a 40 °C, si devono confezionare altri 6 provini (maturati nelle medesime condizioni sopra descritte) per le seguenti ulteriori determinazioni:

n.ro 3 provini per la perdita di resistenza per imbibizione a 25 °C per 1 ora sottovuoto a 50 mm di mercurio.

La resistenza a trazione indiretta deve risultare almeno il 70% di quella ottimale;

n.ro 3 provini per la determinazione del modulo complesso (valore assoluto) (UNI EN 12697-26) che deve risultare, in linea indicativa, maggiore dei valori minimi riportati in Tabella I-8.

<sup>6</sup> Coefficiente di trazione indiretta:  $CTI = \pi/2 \cdot D \cdot Rt / Dc$

dove:

D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino

Dc = deformazione a rottura

Rt = resistenza a trazione indiretta

**Tabella 3-8 Valori minimi indicativi del modulo complesso**

| Temperatura °C                    | 0    |      |      | 10   |      |      | 20   |      |      |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Frequenza Hz                      | 1    | 10   | 20   | 1    | 10   | 20   | 1    | 10   | 20   |
| Modulo complesso MPa <sub>≥</sub> | 4600 | 5700 | 6000 | 3300 | 4100 | 4500 | 2300 | 3000 | 3200 |

Per l'individuazione dei tempi di apertura al traffico, sulla miscela ottimale devono essere confezionati con le stesse modalità di cui sopra 3 serie di 3 provini da sottoporre a maturazione per 24h, 72h e 168h in condizioni di umidità controllata a 20 °C e rotti con sistema diametrale a 25 °C (dopo termostatazione per 4 ore in forno a 25 °C). I requisiti richiesti sono riportati in Tabella I-9.

**Tabella 3-9 Requisiti della miscela ottimale per i tempi di apertura al traffico**

| Requisiti meccanici                    | Normativa                      | Unità di misura   | Valori           |                  |                   |
|--|--------------------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
|  |                                |                   | 24 h maturazione | 72 h maturazione | 168 h maturazione |
| Resistenza a trazione indiretta Rt     | UNI EN 12697-23 <sup>(*)</sup> | N/mm <sup>2</sup> | ≥ 0,20           | ≥ 0,25           | ≥ 0,30            |
| Coefficiente di trazione indiretta CTI | UNI EN 12697-23 <sup>(*)</sup> | N/mm <sup>2</sup> | ≥ 20             | ≥ 25             | ≥ 30              |

(\*) velocità di avanzamento della pressa pari a 0,423 mm/s

### 10.3.3.2. Accettazione della miscela

L'Impresa è tenuta a presentare alla D.L. la composizione della miscela che intende adottare. La composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettata dalla D.L. la composizione granulometrica di progetto, non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali dei trattenuti di  $\pm 10$  per i materiali riciclati e di  $\pm 5$  per gli aggregati d'integrazione. Per la percentuale di emulsione bituminosa (determinata per differenza tra la quantità di legante complessivo e la quantità di bitume contenuta nel fresato) non deve essere tollerato uno scostamento da quella di progetto di  $\pm 0,25\%$ . Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate al momento della stesa, come pure dalle carote prelevate in sito.

### 10.3.4. Esecuzione dei lavori

Il riciclaggio a freddo deve essere realizzato mediante un "treno" di riciclaggio costituito da: macchina fresatrice, impianto di vagliatura e miscelazione semovente, vibrofinitrice e rulli.

In alternativa all'impianto di riciclaggio semovente, per la confezione della miscela potrà essere utilizzato un impianto mobile da installare in cantiere.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare la miscela rispondente a quella indicata nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

La posa in opera dei conglomerati riciclati a freddo viene effettuata con macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

La miscela appena stesa deve essere immediatamente compattata mediante rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Al termine della compattazione la percentuale dei vuoti della miscela non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quella di progetto.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La rullatura si riterrà terminata quando l'acqua contenuta nello strato sarà risalita in superficie.

Il riciclaggio a freddo deve essere sospeso con temperatura dell'aria inferiore ai 10°C e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Lo spessore finito dello strato non dovrà essere superiore a 15 cm. Spessori più alti saranno accettati purché sia presente una certa drenabilità dei supporti (per lo smaltimento delle acque in eccesso) e siano usate macchine con mescolatori abbastanza capienti per consentire il raggiungimento di buone miscele anche alle profondità più elevate di 15 cm.

L'apertura alle successive lavorazioni e/o al traffico va valutata di volta in volta.

### **10.3.5. Controlli**

Il controllo della qualità delle miscele riciclate a freddo e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio e in sito. Le prove di laboratorio interesseranno i materiali costituenti, la miscela prelevata allo stato fresco al momento della stesa e le carote estratte dalla pavimentazione.

#### **10.3.5.1. Controllo delle forniture**

L'ubicazione dei prelievi da eseguire anche sugli aggregati di integrazione, sul misto riciclato e sul bitume sono riportati nella Tabella 3-10 salvo diversa e documentata prescrizione da parte della Direzione Lavori. I requisiti da rispettare sono riportati nella stessa tabella.

Tabella 3-10 Controllo dei materiali e verifica prestazionale

| TIPO DI CAMPIONE          | UBICAZIONE PRELIEVO | REQUISITI RICHIESTI                                   |
|---------------------------|---------------------|---|
| Aggregati di integrazione | Autocarro           | Tabella 3-2<br>Tabella 3-3                            |
| Misto riciclato           | Fresatrice          | Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela |
| Miscela riciclata         | Miscelatrice        | Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela |
| Bitume                    | Autobotte           | Tabella 3-4   |

#### **10.3.5.2. Controllo della miscela prelevata in fase di posa in opera**

Il prelievo della miscela riciclata avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Sui campioni prelevati dalla miscelatrice saranno effettuati, presso un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione, i controlli della distribuzione granulometrica della miscela (riciclato e inerte di integrazione), della massa volumica geometrica e della percentuale dei vuoti residui a 180 giri nonché della resistenza meccanica, da confrontare con quelle della miscela di progetto. I valori rilevati in sede di controllo, determinati come media dei valori di 4 provini, dovranno essere conformi a quelli dichiarati nella documentazione presentata prima dell'inizio dei lavori, ai sensi di quanto previsto al §1.03 a).

#### **10.3.5.3. Controlli prestazionali sullo strato finito**

Il livello prestazionale degli strati posti in opera può essere accertato, in relazione alle caratteristiche del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto rispetto al riferimento desunto dalle prove di laboratorio con la pressa giratoria e attraverso il controllo dei valori dei moduli e/o della capacità portante. Le misure della massa volumica e la determinazione della percentuale dei vuoti residui sono effettuate su carote estratte dallo strato della pavimentazione dopo 15 giorni dalla stesa. A compattazione ultimata, la massa volumica in sito non deve essere minore del 98% di quella della miscela di progetto dichiarata prima dell'inizio dei lavori.

Il valore del modulo complesso E (Norma UNI EN 12697-26) determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione non dovrà essere inferiore ai valori riportati in Tabella 3-8.

##### *10.3.5.3.1. Portanza*

La misura della portanza deve accertare che le prestazioni dello strato finito siano non inferiori a quelle previste nel Progetto della sovrastruttura. La metodologia di indagine impiegata dovrà essere tale da fornire, parametri di controllo identici, o comunque direttamente confrontabili, con quelli utilizzati nel calcolo della pavimentazione.

A tale scopo, saranno eseguite prove di deflessione dinamica ad elevato rendimento con il Falling Weight Deflectometer (ASTM D4694/96) per la determinazione del modulo elastico  $M_{ed}$  in condizioni dinamiche. Sono ammesse sia prove effettuate direttamente sullo strato, sia prove effettuate sullo strato ricoperto.

Le prove di deflessione dinamica verranno interpretate per il calcolo del valore del modulo elastico dinamico mediante un programma di retrocalcolo di provata affidabilità e preventivamente accettato da parte della D.L.. Il valore del modulo elastico dinamico dopo 90 giorni di maturazione dovrà essere riportato alla temperatura di riferimento del conglomerato di 20 °C utilizzando le curve maestre ottenute sulle miscele di laboratorio.

Per prove eseguite direttamente sullo strato riciclato, i valori della tensione trasmessa dalla piastra dovranno essere prossimi a 600 kPa, mentre per prove eseguite sullo strato ricoperto i valori della tensione trasmessa dalla piastra dovranno essere maggiori di 800 kPa e comunque tale da produrre deflessioni al di sotto della piastra maggiori di 250  $\mu$ m.

Le misure di F.W.D. verranno effettuate al massimo ogni 10 m di corsia per aver a disposizione un campione di dati di ampiezza statisticamente accettabile. Per ciascuna tratta con tipo di intervento omogeneo, il numero di prove da eseguire, perché il campione abbia una ampiezza statisticamente accettabile, non deve essere inferiore a 12, qualsiasi sia la sua lunghezza.

Per la valutazione delle caratteristiche strutturali si farà riferimento al valore medio del modulo elastico dinamico espresso in MPa, ricavato dai valori risultanti dalle misure puntuali di F.W.D., relativo a ciascuna tratta omogenea in cui è possibile suddividere l'intera lunghezza di stesa. Per tratte omogenee si intendono quei tratti di pavimentazione nei quali ricadono almeno 12 punti di misura e nei quali i valori dei moduli elastici dinamici sono distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale". Le tratte omogenee saranno individuate con metodi statistici. I valori del modulo elastico dinamico  $M_{ed}$  a 20°C calcolati non dovranno essere inferiori ai valori limite riportati nella Tabella I-11 in funzione dei diversi tempi di maturazione.

Tabella 3-11 Requisiti prestazionali dello strato finito

| TEMPO DI MATURAZIONE | MODULO ELASTICO (Mpa) |
|----------------------|-----------------------|
| Da 12 a 24 ore       | 700                   |
| Da 24 a 48 ore       | 1000                  |
| Dopo 90 giorni       | 3000                  |

#### 10.3.5.3.2. Tolleranze sui risultati e penali

A discrezione della D.L. possono essere ammesse le seguenti tolleranze sui risultati delle prove di controllo. Per i valori medi del modulo complesso E è ammessa una tolleranza del 10% rispetto al valore della miscela di progetto. Per valori di E inferiori a quelli della miscela di progetto verrà applicata una detrazione dell'1,7 % del prezzo di elenco per ogni punto percentuale di carenza oltre la tolleranza. Per le prove deflettometriche ad alto rendimento la media dei valori del modulo elastico  $M_{ed}$  dopo 90 giorni di maturazione, ricavato da almeno 12 determinazioni, non deve essere inferiore al valore limite. Può essere tollerato uno scostamento da tale valore minimo purché lo scostamento stesso non ecceda il 10%; per valori del modulo inferiori a tale limite verrà applicata una detrazione dell'1,7% del prezzo di elenco per ogni punto percentuale di carenza al di sotto di tale limite fino ad un valore minimo del modulo pari al 60% di quello iniziale: valori inferiori a tale limite comporteranno la rimozione dello strato e la sua successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Per percentuali di addensamento inferiori a quelle previste verrà applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce pari al 2,5% dell'importo dello strato per ogni 0,5% di addensamento in difetto fino al valore minimo accettabile del 88%. Valori della percentuale di addensamento inferiori al 88% comporteranno la rimozione dello strato e la sua successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

#### 10.3.5.3.3. Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto

Le superfici finite devono risultare perfettamente regolari, con scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 20 mm, controllati mediante regolo rigido di 4 m di lunghezza (Norma UNI EN 13036-7/2004) disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore medio dello strato finito deve essere quello previsto nel Progetto, con una tolleranza del 5% purché tale differenza si presenti solo nel 20% dei rilievi effettuati.

Lo spessore dello strato viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate sulle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 10% del prezzo di elenco per ogni cm di materiale mancante oltre la tolleranza. Per carenze superiori al 20% dello spessore di progetto si impone la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa. Le detrazioni determinate per i diversi parametri di controllo saranno cumulate.

## 10.4. STRATI DELLA PAVIMENTAZIONE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO

### 10.4.1. Generalità e definizioni

I conglomerati bituminosi a caldo sono miscele, dosate a peso o a volume, costituite da aggregati lapidei di primo impiego, bitume, additivi ed eventualmente conglomerato riciclato.

Essi si distinguono in conglomerati bituminosi "tradizionali", se confezionati con bitume semisolido (tal quale) e conglomerati bituminosi ad elevate prestazioni, se confezionati con bitume modificato.

### 10.4.2. Qualificazione dei materiali

#### 10.4.2.1. Aggregati

Gli aggregati lapidei di primo impiego risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fine o di additivazione: tali aggregati, insieme all'eventuale conglomerato riciclato, costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi.

#### Aggregato grosso

Designazione attribuita agli aggregati di dimensione  $d$  uguale o maggiore di 1 mm e  $D$  maggiore di 2 mm, dove con  $d$  si indica la dimensione dello staccio inferiore e con  $D$  quella dello staccio superiore.

Deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nelle Tabella 4-1 e Tabella 4-2.

Tabella 4-1 Requisiti dell'aggregato grosso per strato di base

| Indicatori di qualità                  |                 |                 | VALORE    |
|--|-----------------|-----------------|-----------|
| Parametro                              | Normativa       | Unità di misura |           |
| Los Angeles                            | UNI EN 1097-2   | %               | $\leq 25$ |
| Quantità di frantumato                 | UNI EN 933-5    | %               | $\geq 90$ |
| Dimensione max                         | UNI EN 933-1    | mm              | 30        |
| Resistenza al gelo ( $\Delta S_{LA}$ ) | UNI EN 1367-1   | %               | $\leq 30$ |
| Spogliamento                           | UNI EN 12697-11 | %               | $\leq 5$  |
| Passante allo 0,063                    | UNI EN 933-1    | %               | $\leq 1$  |

Tabella 4-2 Requisiti dell'aggregato grosso per strato di binder

| Indicatori di qualità                  |                 |                 | VALORE     |
|--|-----------------|-----------------|------------|
| Parametro                              | Normativa       | Unità di misura |            |
| Los Angeles                            | UNI EN 1097-2   | %               | $\leq 25$  |
| Quantità di frantumato                 | UNI EN 933-5    | %               | $\geq 90$  |
| Dimensione max                         | UNI EN 933-1    | mm              | 20         |
| Resistenza al gelo ( $\Delta S_{LA}$ ) | UNI EN 1367-1   | %               | $\leq 30$  |
| Spogliamento                           | UNI EN 12697-11 | %               | $\leq 5$   |
| Passante allo 0,063                    | UNI EN 933-1    | %               | $\leq 1$   |
| Indice appiattimento                   | UNI EN 933-3,4  | %               | $\leq 25$  |
| Porosità                               | UNI EN 1936     | %               | $\leq 1,5$ |

Per la miscela di aggregato grosso utilizzata negli strati di usura deve essere misurato il valore di CLA per ogni pezzatura utilizzata, compresa la sabbia (roccia di provenienza) ed il fresato: il valore di CLA misurato sulle singole pezzature, escluso il passante a 6.3 mm, deve essere  $\geq 40$ . Il valore del CLA medio di riferimento della miscela di inerti  $> 2$  mm, indicato in Tabella 4-3, viene calcolato con la seguente procedura:

- Si misura la massa volumetrica apparente di tutte le pezzature escludendo il passante a 2 mm;
- La somma delle percentuali d'impiego per la costruzione della curva granulometrica di progetto di ogni singola pezzatura viene riportata a 100%, in quanto mancanti del passante a 2 mm;
- Le nuove percentuali d'impiego vengono trasformate in percentuali volumetriche utilizzando le masse volumetriche apparenti, determinate all'inizio della procedura, e vengono riportate anch'esse a 100% ;
- Il valore CLA viene calcolato dalla sommatoria dei prodotti delle percentuali volumetriche di ogni pezzatura utilizzata (compresa la sabbia) per il relativo valore di CLA, divisi per 100 ( $(\sum CLA_i * MVA_i) / 100$ ).



Nello strato di usura, per ottenere i valori di CLA medio, la miscela finale degli aggregati potrà contenere una frazione grossa di natura basaltica o porfirica. In alternativa all'uso del basalto o del porfido si possono utilizzare inerti porosi naturali (vulcanici) od artificiali (argilla espansa "resistente" o materiali similari, scorie d'altoforno, loppe, ecc.) ad elevata rugosità superficiale (CLA  $\geq 50$ ) di pezzatura 5/15 mm, in percentuali in peso comprese tra il 20% ed il 30% del totale, ad eccezione dell'argilla espansa che deve essere di pezzatura 5/10 mm, con percentuale di impiego in volume compresa tra il 25% ed il 35% degli inerti che compongono la miscela.

Tabella 4-3 Requisiti dell'aggregato grosso per strato di usura

| Indicatori di qualità              |                 |                 | VALORE     |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|------------|
| Parametro                          | Normativa       | Unità di misura |            |
| Los Angeles                        | UNI EN 1097-2   | %               | $\leq 20$  |
| Quantità di frantumato             | UNI EN 933-5    | %               | = 100      |
| Dimensione max                     | UNI EN 933-1    | mm              | 15         |
| Resistenza al gelo ( $\Delta$ SLA) | UNI EN 1367-1   | %               | $\leq 30$  |
| Spogliamento                       | UNI EN 12697-11 | %               | 0          |
| Passante allo 0,063                | UNI EN 933-1    | %               | $\leq 1$   |
| Indice appiattimento               | UNI EN 933-3,4  | %               | $\leq 25$  |
| Porosità                           | UNI EN 1936     | %               | $\leq 1,5$ |
| CLA                                | UNI EN 1097-8   | %               | $\geq 40$  |

#### Aggregato fine

Designazione attribuita agli aggregati di dimensione d uguale a zero e D minore o uguale a 6,3 mm. Deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione e possedere le caratteristiche riassunte nelle Tabella 4-4, 4-5 e 4-6.

Tabella 4-4 Requisiti dell'aggregato fine per strato di base

| Indicatori di qualità |                         |                 | VALORE    |
|-----------------------|-------------------------|-----------------|-----------|
| Parametro             | Normativa               | Unità di misura |           |
| Equivalente in Sabbia | UNI EN 933-8            | %               | $\geq 50$ |
| Indice Plasticità     | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | %               | N.P.      |
| Limite Liquido        | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | %               | $\leq 25$ |

Tabella 4-5 Requisiti dell'aggregato fine per strato di binder

| Indicatori di qualità  |              |                 | VALORE    |
|------------------------|--------------|-----------------|-----------|
| Parametro              | Normativa    | Unità di misura |           |
| Equivalente in Sabbia  | UNI EN 933-8 | %               | $\geq 60$ |
| Passante allo 0,063    | UNI EN 933-1 | %               | $\leq 2$  |
| Quantità di frantumato | CNR 109/85   | %               | $\geq 50$ |

Tabella 4-6 Requisiti dell'aggregato fine per strato di usura

| Indicatori di qualità  |              |                 | VALORE    |
|------------------------|--------------|-----------------|-----------|
| Parametro              | Normativa    | Unità di misura |           |
| Equivalente in Sabbia  | UNI EN 933-8 | %               | $\geq 70$ |
| Passante allo 0,063    | UNI EN 933-1 | %               | $\leq 3$  |
| Quantità di frantumato | CNR 109/85   | %               | $\geq 50$ |

Il filler è la frazione passante allo staccio 0,063 mm e proviene dalla frazione fine degli aggregati; può essere costituito, inoltre, da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso, il filler per conglomerati bituminosi a caldo tradizionali deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella 4-7.

Tabella 4-7 Requisiti del filler

| Indicatori di qualità                            |                         |                 | Strato pavimentazione |
|--|-------------------------|-----------------|-----------------------|
| Parametro  | Normativa               | Unità di misura | Base, Binder          |
| Spogliamento                                     | UNI EN 12697-11         | %               | ≤ 5                   |
| Passante allo 0,18                               | UNI EN 933-1            | %               | 100                   |
| Passante allo 0,063                              | UNI EN 933-1            | %               | ≥ 80                  |
| Indice Plasticità                                | UNI CEN ISO/TS 17892-12 |                 | N.P.                  |
| Vuoti Rigden                                     | UNI EN 1097-4           | %               | 30-45                 |
| Stiffening Power<br>Rapporto filler/bitume = 1,5 | UNI EN 13179-1          | ΔPA             | ≥ 5                   |

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre, la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio di fiducia dell'Amministrazione.

#### 10.4.2.2. Conglomerato riciclato

Per conglomerato riciclato si intende quello proveniente dalla frantumazione in frantoio di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita con idonee macchine (preferibilmente a freddo). Per ogni lavorazione, le percentuali in peso di materiale fresato definito di "integrazione", riferite al totale della miscela degli inerti, devono essere comprese nei limiti riportati nella Tabella 4-8. La provenienza del conglomerato riciclato può essere diversa a seconda dello strato per il quale verrà impiegato:

- per lo strato di base può essere utilizzato conglomerato riciclato di qualsiasi provenienza (usura, binder, base);
- per il binder può essere impiegato materiale proveniente da vecchi strati di collegamento ed usura;
- per lo strato di usura, infine, si può utilizzare materiale proveniente solo da questo strato

La percentuale e la provenienza del conglomerato riciclato da impiegare deve essere obbligatoriamente dichiarata nello studio di progetto della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

Tabella 4-8 Composizioni indicative dei formulati per conglomerati bituminosi

| COMPOSIZIONE             |                   |   |   |  |
|--------------------------|-------------------|---|---|--|
| Tipi di Conglomerato     | Strati di impiego | Materiali freschi<br>(% di impiego nella miscela) | Materiali fresati<br>(% di impiego nella miscela) | Attivanti Chimici Funzionali<br>[A.C.F.]<br>(% in peso riferito al bitume) |
| CB "Normali"             | Base              | ≥ 70  | < 30  | < 10   |
|                          | Binder            | ≥ 75  | ≤ 25  | ≤ 5  |
|                          | Usura             | ≥ 80  | ≤ 20  | ≤ 5  |
| CB "Elevate prestazioni" | Base              | > 80  | < 20  | 0  |
|                          | Binder            | ≥ 85  | ≤ 15  | 0  |
|                          | Usura             | ≥ 90  | ≤ 10  | 0  |

#### 10.4.2.3. Legante

##### 10.4.2.3.1. Bitume semisolido (tal quale)

I bitumi sono composti organici costituiti sostanzialmente da miscele di idrocarburi, completamente solubili in solfuro di carbonio e dotati di capacità legante.

I leganti bituminosi semisolidi impiegati senza alcun trattamento sono quei bitumi per uso stradale di normale produzione di raffineria impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi a caldo tradizionali.

Il bitume da impiegare per lo strato di base deve essere del tipo 50/70 con le caratteristiche indicate nella Tabella 4-9.

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati: essa sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio di fiducia dell'Amministrazione.

##### 10.4.2.3.2. Bitumi modificati con additivi

I bitumi modificati rappresentano quei leganti per uso stradale di nuova generazione, che garantiscono una maggiore durata a fatica delle miscele bituminose rispetto a quelle impieganti bitumi di base o che riducono l'attitudine alla deformazione permanente dei conglomerati o consentono di ottenere altri risultati non

raggiungibili con l'impiego di bitumi semisolidi tal quali. Essi sono bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici e/o plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

Tabella 4-9 Requisiti del bitume semisolido tal quale per conglomerati bituminosi tradizionali

| BITUME TAL QUALE                                 |                |                 |            |
|--|----------------|-----------------|------------|
| Parametro  | Normativa      | Unità di misura | Tipo 50/70 |
| Penetrazione a 25°C                              | UNI EN 1426    | dmm             | 50-70      |
| Punto di rammollimento                           | UNI EN 1427    | °C              | 46-56      |
| Punto di rottura (Fraass)                        | UNI EN 12593   | °C              | ≤ - 8      |
| Solubilità                                       | UNI EN 12592   | %               | ≥ 99       |
| Viscosità dinamica a 160°C                       | UNI EN 12596   | Pa·s            | ≥ 0,15     |
| Valori dopo RTFOT                                |                |                 |            |
| Volatilità                                       | UNI EN 12607-1 | %               | ≤ 0,5      |
| Penetrazione residua a 25°C                      | UNI EN 1426    | %               | ≥ 50       |
| Incremento del punto di Rammollimento            | UNI EN 1427    | °C              | ≤ 9        |
| (*) Rolling Thin Film Oven Test (UNI EN 12607-1) |                |                 |            |

La loro produzione avviene in impianti industriali dove vengono intimamente miscelati i bitumi base modifica con polimeri di natura elastomerica e/o plastomerica e/o altre tipologie di modifica.

I bitumi modificati, in funzione del tipo di modifica, vengono così definiti:

- Bitume con modifica "MEDIUM" ;
- Bitumi con modifica "HARD".

Per i bitumi modificati, sia "MEDIUM" che "HARD", il produttore deve certificare le seguenti caratteristiche: penetrazione a 25°C, punto di rammollimento, recupero elastico a 25°C e la stabilità allo stoccaggio. La certificazione deve accompagnare tassativamente il quantitativo trasportato.

Il produttore deve, inoltre, indicare, nella stessa modulistica di certificazione del prodotto trasportato, le condizioni di temperatura da attuare per le operazioni di: pompaggio, stoccaggio e di lavorazione (miscelazione).

La produzione di bitumi modificati "MEDIUM" può avvenire anche agli impianti di fabbricazione dei conglomerati bituminosi, certificati in Qualità, purché i bitumi prodotti abbiano le caratteristiche richieste nella Tabella 12 -310. In questo caso sul bitume base modifica devono essere controllati almeno i valori del punto di rammollimento P.A. e della penetrazione a 25°C.

#### **Bitumi con modifica MEDIUM**

I bitumi con modifica MEDIUM possono essere impiegati nelle miscele di base e binder e vanno usati quando i bitumi tal quali non rientrano nelle caratteristiche richieste o non consentano di ottenere le volute prestazioni dei conglomerati bituminosi per tali strati. La modifica deve conseguire sul legante i risultati riportati nella Tabella 12 -310.

#### **Bitumi con modifica HARD**

I bitumi a modifica "HARD", pur essendo utilizzabili in tutte le miscele, sono però utilizzati per la realizzazione del conglomerato bituminoso per lo strato di usura. La modifica deve conseguire sul legante i risultati riportati nella Tabella 12 -310.

Tabella 12-310 Requisiti dei bitumi con modifica MEDIUM e HARD per conglomerati bituminosi ad elevate prestazioni

| Bitume                    |           |                 |                 |               |
|---------------------------|-----------|-----------------|-----------------|---------------|
| Parametro                 | Normativa | unità di misura | Modifica MEDIUM | Modifica HARD |
| Penetrazione a 25°C       | EN 1426   | dmm             | 35-50           | 50/70         |
| Punto di rammollimento    | EN 1427   | °C              | ≥ 58            | ≥ 70          |
| Punto di rottura (Fraass) | EN 12593  | °C              | ≤ - 8           | ≤ - 15        |

|  |              |      |             |             |
|--|--------------|------|-------------|-------------|
| Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$                                | PrEN 13072-2 | Pa•s | $\geq 0,25$ | $\geq 0,4$  |
| Ritorno elastico a 25 °C   | EN 13398     | %    | $\geq 50\%$ | $\geq 75\%$ |
| Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C<br>Variazione del punto di Rammollimento | EN 13399     | °C   | $\leq 3$    | $\leq 3$    |
| Valori dopo RTFOT  | EN 12607-1   |      |             |             |
| Volatilità   | EN 12607     | %    | $\leq 0,8$  | $\leq 0,8$  |
| Penetrazione residua a 25°C  | EN1426       | %    | $\geq 60$   | $\geq 60$   |
| Incremento del punto di Rammollimento  | EN1427       | °C   | $\leq 5$    | $\leq 5$    |

### **Certificazione di qualità**

I bitumi modificati da impiegare nelle lavorazioni, devono essere forniti da Produttori "Certificati in Qualità" che dimostrino la disponibilità di un efficiente sistema per il controllo qualitativo della produzione.

Le verifiche di rispondenza, in conformità a quanto previsto dalle Norme UNI EN ISO 9002/94, devono essere certificate da Enti riconosciuti, in conformità alla Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n° 2357 del 16.05.1996 (Gazzetta Ufficiale n° 125 del 30.05.1996).

La D.L. potrà effettuare in contraddittorio ed a spese dell'Impresa, in ogni momento a suo insindacabile giudizio, in cantiere, alla stesa ed in impianto, prelievi e controlli sul prodotto finito.

La non rispondenza dei requisiti, comporta, dopo eventuale ulteriore verifica, la sospensione dei lavori sino alla risoluzione delle anomalie rilevate e/o l'applicazione delle penali previste.

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio di fiducia dell'Amministrazione.

#### **10.4.2.4. Additivi**

Per migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi si aggiungono agli aggregati o al bitume dei prodotti naturali o artificiali che prendono il nome di additivi.

##### *10.4.2.4.1. Attivanti d'adesione*

Gli attivanti d'adesione sono additivi tensioattivi che favoriscono l'adesione bitume - aggregato, utilizzati per migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose.

Il loro dosaggio va specificato obbligatoriamente nello studio della miscela e può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto. La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua riportate nelle Tabella 4-1, Tabella 4-2 e Tabella 4-11. L'attivante di adesione scelto deve presentare, in ogni caso, caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C) per lunghi periodi (15 giorni). Per immettere le sostanze tensioattive nel bitume devono essere impiegate attrezzature idonee, al fine di garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume vengono verificati mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile.

##### *10.4.2.4.2. Attivanti chimici funzionali*

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono prodotti studiati appositamente per migliorare la tecnologia del riciclaggio e/o l'impiego di riciclati in miscele tradizionali. Essi sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare e devono avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella Tabella 4-9. Il dosaggio varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto e può essere determinato utilizzando la procedura riportata nella nota <sup>7</sup>.

<sup>7</sup>

La quantità di ACF da impiegare dipende dalla percentuale teorica del bitume nuovo da aggiungere che si determina mediante la seguente espressione:

$$P_n = P_t - (P_v \times P_r)$$

Tabella 4-11 Requisiti degli Attivanti Chimici Funzionali (ACF)

| Attivanti Chimici Funzionali (ACF)              |               |                 |               |
|---|---------------|-----------------|---------------|
| Parametro                                       | Normativa     | Unità di misura | Valore        |
| Densità a 25/25°C                               | ASTM D - 1298 |                 | 0,900 - 0,950 |
| Punto di infiammabilità v.a.                    | ASTM D - 92   | °C              | 200           |
| Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$ | SNV 671908/74 | Pa s            | 0,03 - 0,05   |
| Solubilità in tricloroetilene                   | ASTM D - 2042 | % in peso       | 99,5          |
| Numero di neutralizzazione                      | IP 213        | mg/KOH/g        | 1,5-2,5       |
| Contenuto di acqua                              | ASTM D - 95   | % in volume     | 1             |
| Contenuto di azoto                              | ASTM D - 3228 | % in peso       | 0,8 - 1,0     |

### 10.4.3. Miscele

#### 10.4.3.1. Composizione delle miscele

La composizione indicativa delle miscele di tipo tradizionale sono riportate nella Tabella 4-8. La miscela degli aggregati di primo impiego e del conglomerato da riciclare, da adottarsi per i diversi strati, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 4-12. La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel conglomerato da riciclare attivato con ACF), riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella.

La quantità di bitume nuovo di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. Le caratteristiche richieste per i diversi strati sono riportate nella Tabella 4-13, Tabella 4-14.

Tabella 4-12 Requisiti granulometrici delle miscele di aggregati

| Serie stacci<br>UNI (mm) |      | Base    | Binder   | Usura<br>A |
|--------------------------|------|---------|----------|------------|
| Staccio                  | 31,5 | 100     | -        | -          |
| Staccio                  | 20   | 70 - 95 | 100      |            |
| Staccio                  | 16   | -       | 80 - 100 | 100        |
| Staccio                  | 12,5 | 45 - 70 | 65 - 90  | 90-100     |
| Staccio                  | 8    | 35 - 58 | 50 - 73  | 70-90      |
| Staccio                  | 4    | 27- 45  | 35 - 55  | 40-55      |
| Staccio                  | 2    | 20 - 35 | 25 - 38  | 25-38      |

dove

Pn = percentuale di legante nuovo da aggiungere riferita al totale degli inerti;

Pt = percentuale totale di bitume nella miscela di inerti nuovi e conglomerato di riciclo;

Pv = percentuale di bitume vecchio (preesistente) riferita al totale degli inerti;

Pr = frazione di conglomerato riciclato rispetto al totale della miscela.

Il valore di Pt viene determinato con l'espressione:

$$Pt = 0,035 a + 0,045 b + cd + f$$

dove:

Pt = % di bitume in peso riferita alla miscela totale, espressa come numero intero;

a = % di aggregato trattenuto allo staccio UNI 2 mm;

b = % di aggregato passante allo staccio UNI 2 mm e trattenuto allo staccio 0,063 mm;

c = % di aggregato passante allo staccio 0,063 mm;

d = 0,15 per un passante allo staccio 0,063 mm compreso tra 11 e 15;

d = 0,18 per un passante allo staccio 0,063 mm compreso tra 6 e 10;

d = 0,20 per un passante allo staccio 0,063 mm  $\leq$  6;

f = parametro compreso normalmente fra 0,3 e 0,8, variabile in funzione dell'assorbimento degli inerti.

Si procede quindi a costruire, in un diagramma viscosità (a 60 °C) - percentuale di rigenerante (rispetto al legante nuovo), una curva di viscosità con almeno tre punti misurati:

K = viscosità della miscela composta dal bitume estratto (metodo ASTM D5404-97) e dal bitume aggiunto nelle proporzioni determinate con le formule precedenti, senza rigenerante.

M = viscosità della miscela bitume estratto più bitume aggiunto in cui una parte del bitume nuovo è sostituita dall'agente rigenerante nella misura del 10% in peso rispetto al bitume aggiunto.

F = viscosità della miscela simile alla precedente in cui una parte del bitume nuovo è sostituita dall'agente rigenerante nella misura del 20% in peso rispetto al bitume aggiunto. La percentuale di rigenerante necessaria si ottiene da questo diagramma mediante interpolazione lineare alla viscosità di 2000 Pa\*s.

| Serie stacci |       | Base      | Binder    | Usura     |
|--------------|-------|-----------|-----------|-----------|
| Staccio (mm) | 0,5   | 7 – 21    | 11 – 21   | 12-21     |
| Staccio      | 0,25  | 4 – 15    | 6 – 16    | 9-16      |
| Staccio      | 0,125 | 4 – 10    | 4 – 10    | 6-11      |
| Staccio      | 0,063 | 4 – 8     | 4 – 8     | 6-10      |
| % di bitume  |       | 4,0 – 5,5 | 4,5 – 6,0 | 4,8 – 6,3 |

Tabella 4-13 Requisiti delle miscele di conglomerato studiate con metodo volumetrico

| METODO VOLUMETRICO  | Strato pavimentazione |              |         |       |
|---|-----------------------|--------------|---------|-------|
| Condizioni di prova   | Unità di misura       | Base         | Binder  | Usura |
| Angolo di rotazione   |                       | 1,25° ± 0,02 |         |       |
| Velocità di rotazione   | rotazioni/min         | 30           |         |       |
| Pressione verticale   | kPa                   | 600          |         |       |
| Diametro del provino  | mm                    | 150          | 100     | 100   |
| Risultati richiesti   |                       |              |         |       |
| Vuoti a 10 rotazioni  | %                     | 10 – 14      | 10 – 14 | 10-14 |
| Vuoti a 100 rotazioni <sup>(*)</sup>  | %                     | 3 – 5        | 3 – 5   | 4-6   |
| Vuoti a 180 rotazioni   | %                     | > 2          | > 2     | >2    |
| <sup>(*)</sup> La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub> |                       |              |         |       |

In aggiunta a quanto sopra, per gli strati di base e binder ad alte prestazioni, sui provini confezionati al 98% della D<sub>G</sub> deve essere sperimentalmente determinato un opportuno parametro di rigidità (modulo resiliente, UNI EN 12697-26:2003) che alla temperatura di 20°C e alla frequenza di 15 Hz deve essere maggiore di 6500 MPa. Sugli stessi provini, viene controllata la deformabilità viscoplastica con prove a carico costante (UNI EN 12697-25). Il parametro J1 a 10 °C e il parametro Jp a 40 °C determinati in sede di qualificazione, costituiranno i valori di riferimento per i controlli sulla miscela in fase di esecuzione.

Tabella 4-14 Requisiti meccanici delle miscele per strati di usura, binder e base

| Requisiti meccanici  | Unità di misura   | Bitume tal quale | Bitume Medium e Hard |
|--|-------------------|------------------|----------------------|
| Resistenza a trazione indiretta a 25°C <sup>(**)</sup><br>(UNI EN 12697-23)                  | N/mm <sup>2</sup> | > 0,6            | > 0,7                |
| Coefficiente di trazione indiretta <sup>8</sup> a 25 °C <sup>(**)</sup><br>(UNI EN 12697-23) | N/mm <sup>2</sup> | >50              | >70                  |
| Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua      | %                 | ≤ 25             | ≤ 25                 |
| <sup>(**)</sup> Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria             |                   |                  |                      |

Sui provini confezionati al 98% della D<sub>G</sub> deve essere sperimentalmente determinato un opportuno parametro di rigidità (modulo resiliente, UNI EN 12697-26:2003) che alla temperatura di 20°C e alla frequenza di 15 Hz deve risultare maggiore di 6500 MPa.

#### 10.4.4. Accettazione delle miscele

Prima dell'inizio delle lavorazioni, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, lo studio di progetto della miscela che intende adottare, in originale e firmato dal responsabile dell'Impresa. Esso deve essere corredato da una completa documentazione degli studi effettuati e contenere i risultati delle prove di accettazione e d'idoneità delle miscele di progetto e di tutti gli elementi che la compongono (aggregati, leganti, additivi). Durante i lavori l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alla formulazione di progetto accettata, operando i controlli di produzione e di messa in opera secondo il Sistema di Qualità da essa adottato.

<sup>8</sup> Coefficiente di trazione indiretta:  $CTI = \pi \cdot 2 \cdot D \cdot Rt / Dc$

dove:

D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino

Dc = deformazione a rottura

Rt = resistenza a trazione indiretta

La D.L., in contraddittorio con l'impresa, in ogni momento e a suo insindacabile giudizio, in cantiere, alla stesa ed in impianto, potrà effettuare prelievi, controlli, misure e verifiche sia sui singoli componenti della miscela che sul prodotto finito, sulle attrezzature di produzione, accessorie e di messa in opera. L'esito positivo dei suddetti controlli e verifiche non elimina le responsabilità dell'Impresa sull'ottenimento dei risultati finali del prodotto in opera che sono espressamente richiamati in questo articolo.

#### **10.4.4.1. Tolleranze sui risultati**

Nella curva granulometrica sono ammessi scostamenti delle singole percentuali dell'aggregato grosso di  $\pm 5$  punti percentuali per lo strato di base e di  $\pm 3$  punti percentuali per lo strato di binder; sono ammessi scostamenti dell'aggregato fine contenuti in  $\pm 2$  punti percentuali; scostamenti del passante allo staccio UNI 0,063 mm contenuti in  $\pm 1,5$  punti percentuali. Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25\%$ . I precedenti valori devono essere rispettati sia dalle miscele prelevate alla stesa, sia dalle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

#### **10.4.5. Esecuzione dei lavori**

##### **10.4.5.1. Confezionamento delle miscele**

Il confezionamento del conglomerato deve essere eseguito in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Al fine di garantire il perfetto essiccamento e l'uniforme riscaldamento della miscela, nonché una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati, la produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità. Si possono impiegare anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

In ogni caso, l'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione; ogni impianto deve, poi, assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

Se è previsto l'impiego di conglomerato riciclato, l'impianto deve essere attrezzato per il riscaldamento separato del materiale riciclato ad una temperatura compresa tra 90°C e 110°C.

Per evitare che sostanze argillose e ristagni di acqua possano compromettere la pulizia degli aggregati, la zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata; inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori deve essere eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del conglomerato bituminoso riciclato deve essere al coperto. L'umidità del conglomerato riciclato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del riciclato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160°C e 180°C e quella del legante tra 150°C e 170°C.

Gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati per consentire la verifica delle suddette temperature.

##### **10.4.5.2. Preparazione delle superfici di stesa**

La preparazione delle superfici di stesa va eseguita prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi caratteristiche specifiche. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare oppure in conglomerato bituminoso la lavorazione corrispondente prenderà il nome rispettivamente di mano di ancoraggio e mano d'attacco.

Per mano di ancoraggio si intende l'applicazione di emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso allo scopo di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale e fornendo, al contempo, una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa cationica al 55%, le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 4-12, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m<sup>2</sup>.

Per mano d'attacco si intende l'applicazione di una emulsione bituminosa a rottura media oppure rapida (in funzione delle condizioni di utilizzo) al di sopra di una superficie di conglomerato bituminoso prima della

realizzazione di un nuovo strato, con lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia tra i due strati.

Il dosaggio del materiale da impiegare, nonché le sue caratteristiche, variano a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione: nel caso di nuove costruzioni, si utilizzerà una emulsione bituminosa cationica (al 60% oppure al 65% di legante), le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 4-12 dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0,30 kg/m<sup>2</sup>. Se il nuovo strato deve essere realizzato sopra una pavimentazione esistente è consigliato l'utilizzo di una emulsione bituminosa modificata avente le caratteristiche riportate in Tabella 4-12 dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0,35 kg/m<sup>2</sup>.

Prima della stesa della mano d'attacco l'Impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti e provvedere alla sigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di una malta bituminosa sigillante.

Nel caso in cui il conglomerato bituminoso debba essere steso su pavimentazione precedentemente fresata, è ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche e modificate maggiormente diluite (fino ad un massimo del 55% di bitume residuo) a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) e le prestazioni richieste rispettino gli stessi valori riportati nella Tabella 4-12 per ciascun tipo di emulsione.

Prima dell'inizio dei lavori, ai fini dell'accettazione del legante per mani d'attacco, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati.

Tabella 4-12 Requisiti delle emulsioni bituminose cationiche per mani di ancoraggio e di attacco

| Indicatore di qualità         | Normativa    | Unità di misura | Modificata 70% | Cationica |      |       |
|-------------------------------|--------------|-----------------|----------------|-----------|------|-------|
|                               |              |                 |                | 55%       | 60%  | 65%   |
| Polarità                      | UNI EN 1430  |                 | > 0            | > 0       | > 0  | > 0   |
| Contenuto di acqua % peso     | UNI EN 1428  | %               | 30 ± 1         | 45 ± 2    | 40±2 | 35±2  |
| Contenuto di bitume+flussante | UNI EN 1431  | %               | 70 ± 1         | 55±2      | 60±2 | 65±2  |
| Flussante (%)                 | UNI EN 1431  | %               | 0              | 1-6       | 1-4  | 1-4   |
| Viscosità Engler a 20 °C      | UNI EN 12846 | °E              | > 20           | 2-6       | 5-10 | 15-20 |
| Sedimentazione a 5 gg         | UNI EN 12847 | %               | < 5            | < 5       | < 10 | < 8   |
| Residuo bituminoso            |              |                 |                |           |      |       |
| Penetrazione a 25 °C          | UNI EN 1426  | dmm             | 50-70          | > 70      |      |       |
| Punto di rammollimento        | UNI EN 1427  | °C              | > 65           | > 35      | > 40 | > 40  |
| Ritorno elastico a 25°C       | UNI EN 13398 | %               | > 75           |           |      |       |

#### 10.4.5.3. Posa in opera delle miscele

I conglomerati bituminosi saranno posti in opera mediante macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento; in ogni caso, le vibrofinitrici devono lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella fase di stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di due finitrici: qualora ciò non sia possibile, il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzerramento.

Si devono programmare e realizzare le sovrapposizioni dei giunti longitudinali tra i vari strati in maniera tale che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il conglomerato dovrà essere trasportato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni; inoltre, la temperatura della miscela all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento non inferiore a 140° C.

Qualora le condizioni meteorologiche generali possano pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro, si dovrà procedere alla sospensione della stesa: gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e deve essere condotta a termine senza interruzioni.



L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati.

Per gli strati di base e di binder possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Al termine della compattazione la percentuale dei vuoti della miscela non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quella di progetto.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

A compattazione ultimata, la superficie degli strati deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni in modo tale che un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato vi aderisca uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

Si potrà procedere alla stesa della miscela bituminosa dello strato di base solo dopo che sia stata accertata, da parte della Direzione Lavori, la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

La miscela bituminosa del binder verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

#### **10.4.6. Controlli**

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e in sito.

##### **10.4.6.1. Controllo delle forniture**

Oltre ai controlli iniziali, necessari per l'accettazione, anche in corso d'opera, per valutare che non si verifichino variazioni nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di laboratorio su campioni prelevati in contraddittorio con la D.L.

Il controllo della qualità dei misti granulari di primo impiego e del conglomerato da riciclare (fresato) deve essere effettuato mediante prove di laboratorio su campioni prelevati in impianto prima della miscelazione. Il controllo della qualità del bitume dovrà essere eseguito su campioni prelevati all'impianto direttamente dalla cisterna.

I requisiti da soddisfare sono riportati nella Tabella 4-13.

Tabella 4-13 Controllo delle forniture

| STRATO              | TIPO DI CAMPIONE | UBICAZIONE PRELIEVO | REQUISITI RICHIESTI        |
|---------------------|------------------|---------------------|----------------------------|
| Base, Binder, Usura | Bitume           | Cisterna            | Tabella 4-7                |
| Base, Binder, Usura | Aggregato grosso | Impianto            | Tabella 4-1<br>Tabella 4-2 |
| Base, Binder, Usura | Aggregato fine   | Impianto            | Tabella 4-3<br>Tabella 4-4 |
| Base, Binder, Usura | Filler           | Impianto            | Tabella 4-5                |

##### **10.4.6.2. Controllo delle miscele prelevate al momento della stesa**

Il prelievo del conglomerato bituminoso sfuso avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Il numero dei prelievi da eseguire è riportato in tabella 4-14. Sui campioni prelevati alla vibrofinitrice saranno effettuati, presso un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione, i seguenti controlli:

- la percentuale di bitume (UNI EN 12697 -1/39);
- la granulometria degli aggregati (UNI EN 12697-2);
- la quantità di attivante d'adesione mediante prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Inoltre, mediante la Pressa Giratoria saranno controllate le caratteristiche di idoneità della miscela. I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23).

I valori rilevati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nello studio di progetto della miscela di cui al §4.03.

Per lo strato di collegamento, viene controllata la deformabilità viscoplastica con prove a carico costante (UNI EN 12697-25). Il parametro J1 a 10 °C deve essere compreso tra 25 e 40 cm<sup>2</sup>/(daN·s) mentre lo Jp a 40 °C deve essere compreso tra 14·10<sup>6</sup> e 26·10<sup>6</sup> cm<sup>2</sup>/(daN·s).

Tabella 4-14 Controlli delle miscele prelevate al momento della stesa

| STRATO             | TIPO DI CAMPIONE   | UBICAZIONE PRELIEVO | FREQUENZA PROVE                                       | REQUISITI RICHIESTI  |
|--------------------|--------------------|---------------------|---|--|
| Base Binder, Usura | Conglomerato sfuso | Vibrofinitrice      | Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa | Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela  |
| Binder             | Conglomerato sfuso | Vibrofinitrice      | Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa | - J1 a 10 °C compreso tra 25 e 40 cm <sup>2</sup> /(daN·s)<br>- Jp a 40 °C compreso tra 14·10 <sup>6</sup> e 26·10 <sup>6</sup> cm <sup>2</sup> /(daN·s) |

#### 10.4.6.3. Controlli prestazionali sugli strati finiti

Dopo la stesa, la direzione lavori preleverà, in contraddittorio con l'impresa, delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato in opera e la verifica degli spessori. Il numero di carote da prelevare è riportato nella Tabella 4-15.

Sulle carote verranno determinati:

- lo spessore dello strato (medio di quattro misure in ciascuna carota);
- la massa volumica;
- la percentuale dei vuoti residui;
- il modulo resiliente E (UNI EN 12697-26).

Qualora l'altezza ridotta delle carote non consenta l'esecuzione di quest'ultima prova, il modulo resiliente verrà determinato su provini confezionati in laboratorio con la corrispondente miscela prelevata in corso d'opera, costipata fino al raggiungimento della massa volumica in sito.

La percentuale dei vuoti della miscela in sito, nel 95% dei prelievi, non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quella di progetto

Tabella 4-15 Controlli prestazionali sugli strati finiti

| STRATO                  | TIPO DI CAMPIONE O DI PROVA | UBICAZIONE PRELIEVO O DELLA PROVA | FREQUENZA PROVE                             | REQUISITI RICHIESTI                      |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Base, Binder, Usura     | Carote per spessori         | Pavimentazione                    | Ogni 1000 m <sup>2</sup> di fascia di stesa | Spessore previsto in progetto            |
| Base, Binder, Usura     | Carote vuoti in sito        | Pavimentazione                    | Ogni 2000 m <sup>2</sup> di fascia di stesa | ± 2% dei vuoti della miscela di progetto |
| Complesso Base + Binder | Prove di portanza           | Sito                              | Ogni 250 m <sup>2</sup> di fascia stesa     | E > E della miscela di progetto          |

##### 10.4.6.3.1. Portanza

Per quanto riguarda invece le caratteristiche strutturali degli strati in conglomerato bituminoso messi in opera, il parametro di riferimento è il modulo elastico determinato in condizioni dinamiche che sarà ricavato interpretando una serie di misure di deflessione effettuate con attrezzature di tipo F.W.D; per l'interpretazione delle misure di deflessione, è necessario conoscere gli spessori degli strati in conglomerato bituminoso della pavimentazione che verranno rilevati dalla D.L. durante l'esecuzione dei lavori e/o potranno essere ricavati mediante una campagna di carotaggi successivi da eseguire con le frequenze riportate in Tabella II-15.

Per un maggiore dettaglio nella determinazione degli spessori, tale campagna di carotaggi potrà essere integrata dal rilievo in continuo della stratigrafia della pavimentazione eseguito con apparecchiatura georadar equipaggiata con antenna avente frequenza di 1,6 GHz.

Le prove di deflessione dinamica tipo F.W.D. dovranno consentire la valutazione del modulo medio complessivo del Pacchetto degli strati legati a bitume (spessore complessivo del Pacchetto degli strati legati a bitume ≥ 10 cm); le prove di deflessione dinamica saranno eseguite sulla superficie finita della pavimentazione in un periodo di tempo variabile fra il 3° ed il 90° giorno dal termine della stesa dell'ultimo strato.

Le prove di deflessione dinamica verranno interpretate per il calcolo del valore del modulo elastico mediante un programma di retrocalcolo di provata affidabilità e preventivamente accettato da parte della D.L. Il valore del modulo calcolato dovrà essere riportato alla temperatura di riferimento del conglomerato di 20°C utilizzando le curve maestre ottenute sulle miscele di laboratorio.

Le prove dinamiche tipo F.W.D. non saranno eseguite con temperature superficiali della pavimentazione oltre i 35°C evitando, nell'avanzata primavera e nella stagione estiva, le ore comprese tra le 10:00 a.m. ed il tramonto in giornate particolarmente calde. Le misure di F.W.D. verranno effettuate al massimo ogni 10 m di corsia per aver a disposizione un campione di dati di ampiezza statisticamente accettabile. Per ciascuna tratta con tipo di intervento omogeneo, il numero di prove da eseguire, perché il campione abbia una ampiezza statisticamente accettabile, non deve essere inferiore a 12, qualsiasi sia la sua lunghezza.

Per la valutazione delle caratteristiche strutturali si farà riferimento al valore medio del modulo espresso in MPa, ricavato dai valori risultanti dalle misure puntuali di F.W.D., relativo a ciascuna tratta omogenea in cui è possibile suddividere l'intera lunghezza di stesa. Per tratte omogenee si intendono quei tratti di pavimentazione nei quali ricadono almeno 12 punti di misura e nei quali i valori dei moduli elastici sono distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale". Le tratte omogenee saranno individuate con metodi statistici. I valori dei moduli calcolati non potranno essere inferiori ai valori limite dichiarati nello studio di progetto della miscela. I valori di soglia dei moduli degli strati della pavimentazione calcolati dalle misure di deflessione eseguite con F.W.D. saranno determinati utilizzando le curve maestre della miscela di laboratorio per stimare il valore del modulo alla frequenza di 16 Hz e alla temperatura di 20°C.

#### 10.4.6.3.2. Caratteristiche superficiali

Sulle pavimentazioni finite dovranno essere eseguite prove per il controllo dei valori di aderenza e macrotestitura superficiale dello strato di usura con le frequenze riportate in Tabella 4-15. Le misure di aderenza (resistenza ad attrito radente) eseguite con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4, dovranno fornire valori di BPN (British Pendulum Number)  $\geq 60$ . Per valori di BPN inferiori verrà applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno. La tessitura superficiale, misurata con l'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia riportata nella UNI EN 13036-1, deve risultare  $\geq 0,6$  mm.

Tabella 4-15 Controllo delle caratteristiche superficiali

| TIPO DI CAMPIONE | UBICAZIONE PRELIEVO | FREQUENZA PROVE           | REQUISITI RICHIESTI |
|------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| Pavimentazione   | Pavimentazione      | Ogni 10 m di fascia stesa | BPN $\geq 60$       |
| Pavimentazione   | Pavimentazione      | Ogni 10m di fascia stesa  | HS $\geq 0,6$ mm    |

In alternativa, per la misura dell'aderenza e della macrotestitura, potranno essere eseguite prove ad alto rendimento utilizzando una delle apparecchiature che hanno partecipato all'esperimento di armonizzazione dell'AIPCR (1992). Per il calcolo del parametro HS (MTD) da prove eseguite con profilometro laser l'elaborazione dei dati deve essere eseguita secondo la procedura prevista nella UNI EN ISO 13473-1.

I valori di aderenza ottenuti con tali attrezzature saranno ricondotti a valori di BPN utilizzando la relazione per il calcolo dell'IFI (AIPCR 1992), preventivamente accettata dalla D.L., con i coefficienti relativi alla particolare attrezzatura impiegata<sup>9</sup>; in aggiunta potranno essere forniti anche i valori dell'IFI (F60, Sp). Le misure di aderenza e di macrotestitura dovranno essere effettuate in un periodo compreso tra il 60° e il 180° giorno dall'apertura al traffico. Le tratte da misurare, aventi lunghezze pari almeno a 200 m, potranno essere localizzate nei punti dove a giudizio della D.L. la tessitura e/o la rugosità risulti non sufficiente o dubbia; in ogni caso, l'aderenza dovrà essere controllata per tutta l'estensione dell'intervento.

<sup>9</sup> Nel caso di misure di BFC eseguite con skiddometer BV11, i valori di BPN si possono calcolare con la relazione qui riportata, definita con un errore standard della stima pari a 0.029.

$$0,03964 \cdot +0,85618 \cdot \text{BFC} \cdot e^{\left(\frac{0,17 \cdot V - 60}{S_p}\right)} - 0,01589 \cdot \left(\frac{\text{HS} - 0,2}{0,8}\right) = 0,05626 + 0,00756 \cdot \text{BPN} \cdot e^{\left(\frac{-50}{S_p}\right)}$$

dove:

BPN = resistenza di attrito radente (British Portable Tester Number)

BFC = coefficiente di aderenza con ruota frenata (Braking Force Coefficient)

V = velocità di esecuzione della misura (km/h)

HS = altezza di sabbia (mm)

$$S_p = -11,5981 + 113,63246 \cdot \text{HS} \quad (\text{km/h})$$

(Articolo "L'aderenza su pavimentazioni della viabilità ordinaria misurata con dispositivo a ruota parzialmente frenata", M. Losa, R. Bacci, P. Leandri)

Per la valutazione delle caratteristiche di aderenza e tessitura superficiale si farà riferimento ai valori medi, ricavati dalle misure puntuali (passo 10 m) o dai valori già mediati ogni 50 m, relativi a ciascuna tratta omogenea in cui è possibile suddividere la tratta misurata; per tratte omogenee si intendono quei tratti di pavimentazione, nei quali ricadono almeno 12 valori dell'indicatore, distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale"; i valori così ricavati dovranno risultare in accordo con le prescrizioni sopra riportate.

Le tratte omogenee saranno individuate con una procedura statistica.

Le misure di aderenza e di tessitura dovranno essere effettuate con un "passo di misura" di 10 m e i valori misurati potranno, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per filtrare disomogeneità occasionali e localizzate delle superfici.

#### 10.4.6.3.3. *Regolarità*

L'indice I.R.I. (International Roughness Index), calcolato (come definito dalla World Bank nel 1986 - The International Road Roughness Experiment) a partire dal profilo longitudinale della pavimentazione, dovrà essere:

- inferiore a 1,8 mm/m nel caso di intervento con strato di superficie steso su tutta la carreggiata;
- inferiore a 2,0 mm/m nel caso di intervento limitato a una parte della carreggiata.

Le misure del profilo longitudinale interesseranno tutta l'estensione dell'intervento e dovranno essere eseguite in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, utilizzando un profilometro laser, e dovranno essere effettuate con un "passo di misura" di 10 cm.

I valori dell'indice IRI verranno calcolati con un "passo" di 100 m a partire dal profilo longitudinale misurato. Per la valutazione della caratteristica di regolarità superficiale, nel caso di utilizzo dell'indice IRI, si farà riferimento ai valori medi, ricavati dai valori puntuali (passo 100 m), relativi a ciascuna tratta omogenea in cui è possibile suddividere la tratta misurata; i valori di IRI così ricavati dovranno risultare in accordo con le prescrizioni sopra riportate. Le tratte omogenee saranno individuate da un programma di calcolo collegato al programma di restituzione dei dati di regolarità.

#### 10.4.6.3.4. *Tolleranze sui risultati e penali*

A discrezione della D.L. possono essere ammesse le seguenti tolleranze sui risultati delle prove di controllo.

Per i valori medi del modulo resiliente E è ammessa una tolleranza del 10% rispetto al valore della miscela di progetto. Per valori di E inferiori a quelli della miscela di progetto verrà applicata una detrazione dell'1,7 % del prezzo di elenco per ogni punto percentuale di carenza oltre la tolleranza. Per le prove deflettometriche ad alto rendimento la media dei valori del modulo elastico ricavato da almeno 12 determinazioni non deve essere inferiore ai valori limite. Può essere tollerato uno scostamento da tali valori minimi purché lo scostamento stesso non ecceda il 10%; per valori del modulo inferiori a tale limite verrà applicata una detrazione dell'1,7% del prezzo di elenco per ogni punto percentuale di carenza al di sotto di tale limite fino ad un valore minimo del modulo pari al 60% di quello iniziale: valori inferiori a tale limite comporteranno la rimozione dello strato e la sua successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Qualora i valori dei vuoti, determinati sulle carote, risultassero superiori a quelli previsti al §2.04 c) verrà applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce del 2,5% del prezzo di elenco per ogni 0,5% di vuoti in eccesso, fino al valore massimo accettabile (per i vuoti in opera) del 12%. Valori dei vuoti superiori al 12% comporteranno la rimozione dello strato e la sua successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Qualora il valore medio di BPN o HS, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea o per ciascuna tratta da 50 m, sia inferiore ai valori prescritti, lo strato di rotolamento (quello a diretto contatto con i pneumatici) verrà penalizzato del 15% del suo costo per ciascun parametro di controllo non soddisfatto, (da calcolare prendendo a riferimento la larghezza complessiva di tale strato anche se le misure interessano una sola corsia), fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità appresso specificata.

I valori della soglia di non accettabilità sono:

BPN = 42

HS = 0,3 mm

Qualora il valore medio di BPN o HS, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea o per ciascuna tratta da 50 m (misure di HS con profilometro laser) sia inferiore o uguale ai valori ritenuti inaccettabili si dovrà procedere gratuitamente all'asportazione completa con fresa dello strato per tutta la sua larghezza ed alla stesa di un nuovo strato; in alternativa a quest'ultima operazione si potrà procedere a cura e spese dell'Impresa alla realizzazione di un nuovo strato al di sopra di quello esistente, previa stesa di una mano di attacco.

#### 10.4.6.3.5. *Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto*

Per ogni tratto omogeneo di stesa, lo spessore dello strato verrà determinato facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Lo spessore medio dello strato deve essere quello previsto nel progetto.

Qualora gli spessori medi risultassero inferiori a quelli di progetto, verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni millimetro di materiale mancante, mentre carenze superiori al 20% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la sua successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Qualora il valore medio di IRI, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea, non soddisfi le condizioni richieste, lo strato di rotolamento (quello a diretto contatto con i pneumatici) verrà penalizzato del 15% del suo costo (da calcolare prendendo a riferimento la larghezza complessiva di tale strato anche se le misure interessano una sola corsia), fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità pari al valore di 3,5 mm/m.

Qualora il valore medio di IRI, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea, sia maggiore o uguale a tale valore, si dovrà procedere gratuitamente all'asportazione completa con fresa dello strato per tutta la sua larghezza e alla stesa di un nuovo strato; il nuovo strato sarà comunque soggetto alle stesse condizioni di controllo e agli stessi requisiti di regolarità precedentemente descritti.

Le detrazioni determinate per i diversi parametri di controllo saranno cumulate.

## **10.5. PAVIMENTAZIONI IN TERRA STABILIZZATA**

### **10.5.1. Stabilizzante in polvere fibrorinforzato**

Sistema stabilizzante in polvere fibrorinforzato, da miscelare in sito con autobetoniera (o impianto) e stesura con vibrofi nitrice.

Lo stabilizzante, è costituito da un premiscelato in polvere, contenente fibre di polipropilene, che non richiede aggiunta di calce o cemento. A lavoro ultimato, non dovrà alterare l'aspetto iniziale del terreno dal punto di vista cromatico, garantendo quindi assenza d'impatto ambientale.

La lavorazione dovrà conferire alla pavimentazione realizzata caratteristiche di portanza e resistenza all'usura, oltre ad avere carattere di irreversibilità.

La realizzazione dovrà avvenire secondo le seguenti modalità:

- esecuzione di prove di laboratorio del materiale da stabilizzare (curva granulometrica, limiti di Atterberg, prova di compattazione, CBR naturale e CBR a diversi dosaggi, il tutto da computarsi a parte), al fine di stabilire il corretto dosaggio del materiale e l'idoneità del terreno da trattare;
- esecuzione di una corretta sottofondazione dove necessario (es. nuovi percorsi), da computarsi a parte;
- miscelazione a secco a mezzo autobetoniera del materiale da stabilizzare con lo stabilizzante;
- aggiunta di acqua necessaria per il raggiungimento di un'umidità ottimale e successiva miscelazione;
- distribuzione della miscela mediante vibrofi nitrice stradale sul sottofondo precedentemente compattato;
- bagnatura, se necessaria, e rullatura con rullo compattatore;
- compattazione del terreno trattato con mezzi adeguati fino al raggiungimento di una densità di compattazione consigliata non inferiore al 95% (ASTHO modifi cata);
- dopo almeno 24 ore effettuare una compattazione statica di lisciatura della superfi cie;
- il dosaggio, precedentemente determinato, potrà variare dal 3 al 5% sul peso del terreno, a seconda della destinazione finale dell'opera e tipo di terreno.

## **10.6. PAVIMENTAZIONI IN CALCESTRUZZO**

### **10.6.1. Pavimentazione industriale sistema a "spolvero"**

- Realizzazione pavimentazione industriale, in calcestruzzo, mediante Stesura di un massetto in calcestruzzo a resistenza caratteristica Rck25 S4, eventualmente gettato con l'ausilio di poma, di spessore minimo cm. 6, armato con una rete elettrosaldata, Ø 6 maglia 20X20 posizionata nell'estradosso inferiore

- Corazzatura superficiale (spessore di mm. 2 ca.) con miscela antiusura composta da quarzo sferoidale ed idoneo legante posta in opera con il sistema a "SPOLVERO" in ragione di Kg. 2/3 Mq.
- Incorporo superficiale di detta miscela con fratazzatrice meccanica "ELICOTTERO" e lisciatura.
- Dopo 48 ore circa dal getto, taglio dei giunti in riquadri geometrici con idonea fresatrice meccanica da ml. 4 X 4, sigillatura degli stessi con giuntino in pvc nero

#### **Prestazioni finali**

|                                  |   |                       |
|----------------------------------|---|-----------------------|
| Resistenza a flessione a 28gg    | <i>6 N/mm<sup>2</sup></i>                 | <i>UNI EN 13892-2</i> |
| Resistenza a compressione a 28gg | <i>30 N/mm<sup>2</sup></i>                | <i>UNI EN 13892-2</i> |
| Resistenza all'abrasione (Bohme) | <i>13 cm<sup>3</sup>/50cm<sup>2</sup></i> | <i>UNI EN 13892-3</i> |
| Comportamento al fuoco           | <i>Non Combustible materials</i>          |                       |
| Conformità                       | <i>CT-C30-F6-A15</i>                      | <i>EN 13813</i>       |

## 11. BARRIERE

### **11.1. GENERALITÀ**

Le barriere di sicurezza stradali verranno installate lungo i tratti dei cigli della piattaforma stradale, nonché lungo lo spartitraffico centrale delle strade a doppia sede o delle autostrade a protezione di specifiche zone, secondo le caratteristiche e le modalità tecniche costruttive previste dal progetto in conformità a quanto disposto dalle vigenti disposizioni di legge in materia di barriere di sicurezza.

Le zone da proteggere mediante la installazione di barriere, sono quelli previsti dall'art. 3 delle istruzioni tecniche allegate al D.M. 03-06-1998 e s.m.i.

Le barriere stradali di sicurezza dovranno essere progettate e realizzate a norma delle disposizioni di legge vigenti tra le quali si elencano a titolo indicativo e non esaustivo le seguenti:

- 1) Decreto del Ministero LL.PP. in data 15-10-1996, che aggiorna il D.M. 18-2-1992 n. 223;
- 2) Circolare Ministero LL.PP. n. 2357 del 16-5-1996;
- 3) Circolare Ministero LL.PP. n. 4622 del 15-10-1996;
- 4) D.M. 9 gennaio 1996 e sue istruzioni emanate con circolare Ministero LL.PP. n. 252 del 15-10-1996;
- 5) Decreto del Ministero LL.PP. in data 03-06-1998;
- 6) Decreto del Ministero LL.PP. in data 11-06-1999;
- 7) Circolare Ministero LL.PP. del 06-04-2000.

Nel caso di "barriere stradali di sicurezza" da installare su ponti (viadotti, sottovia o cavalcavia, sovrappassi, sottopassi, strade sopraelevate, ecc.) si dovranno adottare oltre le disposizioni tecniche sopra elencate anche le norme previste dal D.M. del Ministero dei LL.PP. 4 Maggio 1990, punto 3.11 "Azioni sui parapetti. Urto di veicoli in svio" e quanto altro previsto dalle leggi e/o disposizioni vigenti al momento dell'esecuzione delle opere.

Le barriere ed i parapetti devono avere caratteristiche tali da resistere ad urti di veicoli e da presentare una deformabilità pressoché costante in qualsiasi punto.

Inoltre devono assicurare il "contenimento" dei veicoli collidenti sulla barriera (e tendenti alla fuoriuscita dalla carreggiata stradale) nelle migliori condizioni di sicurezza possibile.

Le barriere da collocarsi lungo la sede stradale dovranno possedere le caratteristiche prestazionali di cui al D.M. D.M. n.223 del 18.02.1992 e s.m.i. e la loro realizzazione dovrà essere conforme a quanto previsto dalle istruzioni tecniche contenute negli strumenti di legge vigenti.

Per i varchi nello spartitraffico ove previsti, si seguirà quanto disposto dalle leggi vigenti.

Nel caso di impiego di elementi metallici si dovrà provvedere a mettere in opera opportuni accorgimenti per la protezione contro le correnti vaganti.

In corrispondenza dei giunti degli impalcati e nelle situazioni a queste analoghe, dovranno adottarsi particolari accorgimenti atti a garantire l'eventuale scorrimento reciproco degli elementi di barriera contigui.

#### **11.1.1. Prove tecniche (statiche dinamiche) sulle barriere**

**Le prove (statiche dinamiche) d'impatto al vero (crash-test) per la valutazione sia delle** caratteristiche prestazionali e sia dell'efficienza delle barriere di sicurezza stradali (da realizzare a norma del D.M. 03-06-1998 e successive modifiche ed integrazioni), dovranno essere eseguite, come previsto dalle Circolari del Ministero LL.PP. del 15-10-1996 e del 06-04-2000, presso istituti autorizzati:

\*230 il Centro prove per barriere di sicurezza stradali di Anagni - Centro rilevamento dati sui materiali di Fiano Romano della società Autostrade S.p.A.;

\*231 il Laboratorio L. I. E. R., Laboratoire d'essais INRETS - Equipments de la Route, con sede in D29 Route de Crémieu B.P. 352 69125 Lyon Satolas Aéroport - Francia;

\*232 TÜV BAYERN SACHSEN E. V. - Institut für Fahrzeugtechnik GmbH, con sede in Daimlerstraße, 11 D-85748 GARCHING (Repubblica Federale Tedesca).

#### **11.1.2. Caratteristiche delle barriere di sicurezza**

Le barriere adottate dovranno garantire un'adeguata durabilità ed una facile manutenibilità, assicurando il mantenimento nel tempo delle prestazioni e delle caratteristiche possedute al momento dell'installazione.

Le barriere dovranno avere le caratteristiche di resistenza richieste dalle vigenti disposizioni di legge [D.M. 03/06/98 e s.m.i.] in funzione del tipo di strada, di traffico e ubicazione della barriera.



Le caratteristiche predette saranno documentate mediante l'esibizione dei "Certificati di omologazione" da parte dell'Appaltatore ed ottenuti in base ai disposti del D.M. n. 223 del 18.02.1992 e s.m.i.; nel caso di non avvenuta omologazione l'Appaltatore dovrà fornire un'ideale documentazione dalla quale risulti che ognuna delle strutture da impiegare nel lavoro ha superato con esito positivo, le prove dal vero (crash test) effettuate secondo le procedure fissate dai citati DD. MM. e che la barriera impiegata è in regola con le disposizioni di legge vigente. Le prove dovranno essere state effettuate presso i campi prove autorizzati come da Circolare del Ministero LL.PP. n. 4622 del 15.10.1996 e s.m.i. La predetta documentazione dovrà pertanto accompagnare la barriera installata.

#### **11.1.2.1. Barriere in acciaio**

La barriera sarà costituita di norma da una serie di sostegni in profilato metallico e da fasce orizzontali metalliche, con l'interposizione di opportuni elementi distanziatori realizzati con l'impiego di acciaio zincato a caldo non inferiore al tipo Fe 360 B. I quantitativi minimi di zinco saranno di grammi 300 per metro quadrato e per ciascuna faccia.

Le fasce saranno costituite da nastri metallici di lunghezza compresa tra mt. 3,00 e 4,00 muniti, all'estremità, di una serie di fori per assicurare gli ancoraggi al nastro successivo e al sostegno, aventi spessore minimo di mm. 3, altezza effettiva non inferiore a mm. 300.

Le giunzioni, che dovranno avere il loro asse in corrispondenza dei sostegni, devono essere ottenute con sovrapposizione di due nastri per non meno di cm. 32, eseguita in modo che, nel senso di marcia dei veicoli, la fascia che precede sia sovrapposta a quella che segue.

I sistemi di collegamento delle fasce ai sostegni debbono consentire la ripresa dell'allineamento sia durante la posa in opera sia in caso di cedimenti del terreno, consentendo limitati movimenti verticali ed orizzontali.

Ogni tratto sarà completato con pezzi terminali curvi, opportunamente sagomati, in materiale del tutto analogo a quello usato per le fasce.

I distanziatori saranno interposti tra le fasce ed i montanti prevedendone il collegamento tramite bulloneria. Tali sistemi di attacco saranno costituiti da bulloneria a testa tonda ad alta resistenza e piastrina copri asola di adeguate dimensioni e spessore. I sistemi di attacco (bulloni e copri asola) debbono impedire che, per effetto di allargamento dei fori possa verificarsi lo sfilamento delle fasce.

I sostegni verticali potranno essere collegati, nella parte inferiore, da uno o più correnti ferma ruota realizzati in profilo presso piegato di idonee sezioni e di conveniente spessore.

Altezze dal piano viabile, profondità di infissione o modalità di ancoraggio a terra o su strutture, dimensioni di tutti gli elementi strutturali e materiali costituenti il sistema barriera, dovranno in ogni caso essere quelli previsti nei documenti e disegni di cui ai certificati di prova (crash test). Sarà pertanto obbligo dell'Appaltatore assicurare che le modalità di installazione dei dispositivi impiegati siano congruenti con quanto previsto nel progetto del dispositivo stesso.

#### **11.1.2.2. Barriere tipo "NEW JERSEY"**

Sezione, modalità di "ancoraggio" a terra o su strutture, dimensioni di tutti gli elementi strutturali e materiali costituenti il sistema barriera, dovranno essere quelli previsti nei documenti e disegni di cui ai certificati di prova (crash test).

Saranno realizzate in conglomerato cementizio, anche debolmente armato, di adeguata composizione e resistenza in elementi prefabbricati o gettati in opera ovvero in struttura metallica prefabbricata costituita da elementi modulari metallici in acciaio zincato non inferiori al tipo Fe 360 B collegati tra loro tramite dispositivi adatti ad un effetto "catenaria" in caso d'urto di veicolo.

I quantitativi minimi di zinco saranno di grammi 300 per metro quadrato e per ciascuna faccia.

Comunque la barriera stradale metallica a profilo "New Jersey" (per viadotti ed opere d'arte stradali), non dovrà superare il peso unitario di 150 Kg/ml con lo scopo di ridurre considerevolmente le sollecitazioni, indotte sulle mensole laterali e/o cordoli di bordo, delle suddette opere d'arte stradale.

Per quanto riguarda il profilo delle barriere "NEW JERSEY" dovrà essere rispettata la sezione tipo prevista dal progetto ed in particolare i segmenti rettilinei del profilo stesso dovranno essere raccordati tra di loro con tratti curvilinei di raggio prefissato.

Il profilo adottato dovrà essere tale da redirezionare con sufficiente grado di sicurezza i veicoli in urto sulla barriera secondo angoli di rinvio previsti dalle prescrizioni tecniche sulle prove delle barriere ai fini dell'omologazione.

Inoltre dette barriere metalliche potranno essere, ove la riqualificazione strutturale degli impalcati risulti particolarmente onerosa, di adeguata composizione e resistenza e saranno realizzate da elementi prefabbricati modulari (di appropriata lunghezza, peraltro prevista dal progetto).

Le barriere saranno fornite e messe in opera dall'Impresa secondo le indicazioni e le caratteristiche tecniche costruttive previste dal progetto esecutivo e previo le disposizioni che impartirà in proposito la Direzione Lavori in conformità alla documentazione di cui ai certificati di prova al vero (crash test)..

Per le barriere in cls il calcestruzzo impiegato dovrà presentare un valore della resistenza a compressione (Rck) non inferiore a 30 N/mm<sup>2</sup>.

Sono a carico dell'Impresa tutti gli oneri per ogni rifinitura e per la predisposizione delle zone di approccio alla barriera, salvo la posa in opera delle barriere che sarà pagata con l'apposito prezzo di elenco.

In corrispondenza dei giunti degli elementi prefabbricati, nonché degli alloggiamenti per il fissaggio su opere d'arte, cordoli o simili, dovranno essere eliminate eventuali discontinuità mediante installazione di elementi durevoli, atti a realizzare la continuità della superficie e capaci di resistere alle sollecitazioni dovute al rotolamento dei pneumatici, in caso di fuoriuscita di veicoli, anche pesanti, dalla carreggiata stradale.

### **11.1.2.3. Caratteristiche dei parapetti metallici**

Si intendono come parapetti le protezioni di camminamenti o similari, presenti prevalentemente lungo manufatti, atte ad impedire la caduta accidentale di persone che per qualsiasi motivo possano impegnarli.

Saranno costituiti in generale da una serie di sostegni verticali in profilato metallico opportunamente sagomato, collegati da una serie di elementi orizzontali e da un corrimano in tubolare metallico posto ad altezza non inferiore ad 1m dal piano di calpestio.

I parapetti realizzati sui ponti (viadotti, sottovia o cavalcavia, sovrappassi, sottopassi, strade sopraelevate, ecc.) dovranno rispondere alle norme previste dal D.M. del LL.PP. 4 maggio 1990.

I parapetti dovranno essere realizzati, per quanto attiene gli acciai laminati a caldo, con materiali rispondenti alle prescrizioni contenute nel D.M. 9 gennaio 1996 e sue istruzioni emanate con circolare Ministero LL.PP. n. 252 del 15-10-1996, mentre per altri tipi di acciaio o di metallo si dovrà fare riferimento alle Norme UNI corrispondenti o ad altre eventuali comunque richiamate dal predetto D.M.

Per ogni singolo manufatto, si dovrà fornire in progetto lo schema di montaggio del parapetto.

Il sistema di ancoraggio sarà pertanto quello previsto nel progetto stesso. Si potranno di norma prevedere appositi alloggiamenti, per la occorrente profondità, in appositi fori di ancoraggio predisposti, o da predisporre dalla stessa Impresa, sulle opere d'arte e fissati con adeguata malta secondo le prescrizioni previste in progetto e/o indicate della D.L. così come il ripristino delle superfici manomesse.

Per i punti in cui deve essere impedita la caduta di oggetti al fine di garantire la protezione delle zone sottostanti (es. in corrispondenza di viadotti che sovrappassino una strada), il parapetto sarà integrato con l'installazione di reti metalliche di altezza adeguata aventi la base inferiore sul piano di calpestio.

Tutte le parti metalliche dei parapetti dovranno essere in acciaio di qualità non inferiore a Fe 360 B ed assoggettate alla zincatura a caldo mediante il procedimento a bagno.

I quantitativi minimi di zinco saranno di grammi 300 per metro quadrato e per ciascuna faccia; i controlli dei quantitativi di zinco saranno effettuati secondo i procedimenti previsti dalle norme.

## **12. SEGNALETICA ORIZZONTALE, VERTICALE E COMPLEMENTARE**

### **12.1. GENERALITÀ**

La segnaletica da utilizzare deve soddisfare precise richieste comportamentali e prestazionali in funzione della sua collocazione.

Le attrezzature ed i mezzi di proprietà delle ditte devono possedere idonee caratteristiche e requisiti in linea con le più recenti tecnologie e con ogni norma legislativa e regolamentare avente comunque attinenza.

I mezzi devono inoltre essere tutti omologati dalla Motorizzazione Civile secondo le vigenti Norme del Nuovo Codice della Strada.

Al fine di soddisfare gli adempimenti al D.M. 30/12/1997, inerenti il sistema di garanzia della qualità per le imprese autorizzate alla costruzione di segnaletica stradale verticale:

1. Le imprese costruttrici di segnaletica stradale verticale devono essere in possesso dei requisiti previsti dall'art. 45, comma 8, del decreto legislativo 30 aprile 1992 n. 285; devono inoltre adottare un sistema di garanzia della qualità rispondente ai criteri ed alle prescrizioni contenute nelle norme europee internazionali UNI EN 9001/2, e deve essere certificato da un organismo accreditato ai sensi delle norme della serie UNI EN 45000.
2. Le imprese di cui sopra devono altresì possedere la certificazione di conformità dei segnali finiti ai sensi delle circolari n. 3652 del 17.06.98 e n. 1344 del 11.03.99 e successive modifiche.
3. L'Ispettorato generale per la circolazione e la sicurezza stradale, avvalendosi, quando ritenuto necessario, del parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, può prescrivere alle imprese interessate adeguamenti o modifiche al sistema di garanzia della qualità adottato anche per uniformare i comportamenti dei vari costruttori di segnali.

l'Impresa dovrà provvedere, senza alcun compenso speciale, ad allestire tutte le opere di difesa, mediante sbarramenti o segnalazioni in corrispondenza dei lavori, di interruzioni o di ingombri sia in sede stradale che fuori, da attuarsi con cavalletti, fanali, nonché con i segnali prescritti dal Nuovo Codice della Strada approvato con D.L. 30.4.1992 n. 285 e dal relativo Regolamento di esecuzione ed attuazione, approvato con D.P.R. 16.12.1992 n. 495, dal D.P.R. n. 610 del 16.09.96 e dalla circolare del Ministro LL.PP. n. 2900 del 20.11.1993.

Dovrà pure provvedere ai ripari ed alle armature degli scavi, ed in genere a tutte le opere provvisorie necessarie alla sicurezza degli addetti ai lavori e dei terzi.

In particolare l'Impresa, nell'esecuzione dei lavori, dovrà attenersi a quanto previsto dalla Circolare n. 2357 emanata il 16-5-1996 dal Ministero dei LL.PP. (Pubblicata nella G.U. n. 125 del 30-5-1996) in materia di fornitura e posa in opera di beni inerenti la sicurezza della circolazione stradale.

Tali provvedimenti devono essere presi sempre a cura ed iniziativa dell'Impresa, ritenendosi impliciti negli ordini di esecuzione dei singoli lavori.

Quando le opere di difesa fossero tali da turbare il regolare svolgimento della viabilità, prima di iniziare i lavori stessi, dovranno essere presi gli opportuni accordi in merito con la Direzione Lavori; nei casi di urgenza però, l'Impresa ha espresso obbligo di prendere ogni misura, anche di carattere eccezionale, per salvaguardare la sicurezza pubblica, avvertendo immediatamente di ciò la Direzione Lavori.

L'Impresa non avrà mai diritto a compensi addizionali ai prezzi di contratto qualunque siano le condizioni effettive nelle quali debbano eseguirsi i lavori, né potrà valere titolo di compenso ed indennizzo per non concessa limitazione o sospensione del traffico di una strada o tratto di strada, restando riservata alla Direzione Lavori la facoltà di apprezzamento di tale necessità.

### **12.2. SEGNALETICA VERTICALE**

Tutti i segnali devono essere rispondenti ai tipi, dimensioni e misure prescritte dal Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada approvato con D.P.R. 16 Dicembre 1992 n. 495 e successive modifiche di cui al D.P.R. n. 610 del 16/9/96 ed in ogni caso alle norme in vigore al momento dell'esecuzione dei lavori.

Dovrà essere attestata la conformità delle proprie attrezzature o di quelle in possesso della ditta che provvederà alla costruzione dei segnali, come prescritto dall'art. 194 del D.P.R. 495 del 16-12-1992.

Le prescrizioni tecniche relative alle pellicole rifrangenti si intendono soddisfatte qualora i materiali forniti dalla ditta produttrice risultino sopportare, con esito positivo, tutte le analisi e prove di laboratorio prescritte nel paragrafo PRESCRIZIONI GENERALI DI ESECUZIONE DELLE PRINCIPALI CATEGORIE DI LAVORO E FORNITURE le

certificazioni delle pellicole dovranno essere quindi interamente conformi a quanto previsto nel succitato articolo.

Tutti i segnali circolari, triangolari, targhe, frecce, nonché i sostegni ed i relativi basamenti di fondazione dovranno essere costruiti e realizzati sotto la completa responsabilità del Cottimista, in modo tale da resistere alla forza esercitata dal vento alla velocità di almeno 150 Km/ora.

### **12.2.1. Pellicole**

#### **12.2.1.1. Generalità**

Tutte le imprese di segnaletica stradale verticale devono attenersi alle seguenti prescrizioni.

- Disciplinare Tecnico sulla modalità di determinazione dei livelli di qualità delle pellicole retroriflettenti impiegate per la costruzione dei segnali stradali approvato con D.M. LL.PP. 31.3.1995.
- Certificazioni di qualità rilasciate da organismi accreditati secondo le norme UNI EN 45000, sulla base delle norme europee della serie UNI EN 9000, al produttore delle pellicole retroriflettenti che si intendono utilizzare per la fornitura.

Le copie delle certificazioni dovranno essere identificate, a cura del produttore delle pellicole stesse, con gli estremi della ditta partecipante, nonché dalla data di rilascio della copia non antecedente alla data della lettera di invito alla presente gara e da un numero di individuazione.

- Le presenti norme contengono le caratteristiche colorimetriche, fotometriche e tecnologiche cui devono rispondere le pellicole retroriflettenti e le relative metodologie di prova alle quali devono essere sottoposte per poter essere utilizzate nella realizzazione della segnaletica stradale.

I certificati riguardanti le pellicole dovranno essere conformi esclusivamente al succitato disciplinare tecnico.

In particolari situazioni, al fine di implementare le condizioni di sicurezza sulla strada, si potranno richiedere pellicole con caratteristiche tecnologiche superiori ai minimi imposti dal disciplinare D.M. 31.03.95 solo in un regime di sperimentazione autorizzata, così come richiamato al Capitolo 4 del "Manuale Tecnico della Segnaletica Stradale" dell'ANAS redatto dal Gruppo Tecnico per la Sicurezza Stradale.

- Certificazione di conformità dei segnali finiti ai sensi delle circolari n. 3652 del 17.06.98 e n. 1344 del 11.03.99 e successive modifiche.

#### **12.2.1.2. Accertamento dei livelli di qualità**

Le caratteristiche delle pellicole retroriflettenti devono essere verificate esclusivamente attraverso prove da eseguire presso uno dei seguenti laboratori:

- Istituto elettrotecnico nazionale Galileo Ferraris - Torino;
- Istituto sperimentale delle Ferrovie dello Stato S.p.A. - Roma;
- Stazione sperimentale per le industrie degli oli e dei grassi - Milano;
- Centro sperimentale ANAS - Cesano (Roma);
- Centro superiore ricerche, prove e dispositivi della M.C.T.C. del Ministero dei Trasporti - Roma;
- Centro prova autoveicoli - Via Marco Ulpio Traiano, 40 Milano;
- Laboratorio prove materiali della Società Autostrade - Fiano Romano;
- Istituto di ingegneria dell'Università di Genova;
- Laboratori ufficialmente riconosciuti di altri Stati membri della Comunità Europea;
- Altri laboratori accreditati SINAL per le prove previste dal disciplinare tecnico 31/3/1995.

I produttori delle pellicole retroriflettenti e degli inchiostri idonei alla stampa serigrafica delle stesse, o le persone giuridiche o loro legali rappresentanti, per poter accedere all'accertamento dei livelli di qualità presso il laboratorio prescelto, dovranno allegare alla domanda una dichiarazione autenticata che i campioni consegnati

per le prove derivano da materiale di loro ordinaria produzione dovrà accertarsi della esistenza e regolarità di tale dichiarazione e allegarne copia al certificato di conformità delle pellicole retroriflettenti di cui costituiscono parte integrante. I produttori delle pellicole retroriflettenti devono tenere a disposizione di qualsiasi ente interessato i certificati di conformità delle stesse rilasciati da uno dei laboratori sopra indicati.

Inoltre gli stessi produttori devono rilasciare agli acquirenti una dichiarazione che i prodotti commercializzati corrispondono, per caratteristiche e qualità ai campioni sottoposti a prove.

La certificazione, la cui data di rilascio non deve essere anteriore di oltre cinque anni, deve essere presentata nella sua stesura integrale; in essa tutte le prove devono essere chiaramente e dettagliatamente specificate e deve essere dichiarato che le singole prove sono state eseguite per l'intero ciclo sui medesimi campioni.

Il certificato di conformità dovrà essere riferito, oltre alle pellicole retroriflettenti colorate in origine, alle stesse pellicole serigrafate in tutte le combinazioni dei colori standard previste dal regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada.

Il tipo di inchiostro utilizzato dovrà essere inoltre esplicitamente dichiarato.

Dalle certificazioni dovrà risultare la rispondenza alle caratteristiche fotometriche e colorimetriche previste dal presente disciplinare tecnico ed il superamento delle prove tecnologiche in esso elencate.

Il Ministero dei lavori pubblici - Ispettorato Generale per la circolazione e la sicurezza stradale - ha la facoltà di accertare in qualsiasi momento che le pellicole retroriflettenti corrispondano alle certificazioni di conformità presentate dal produttore delle pellicole.

Ove dagli accertamenti effettuati dovessero risultare valori inferiori ai minimi prescritti o prove tecnologiche non superate, il Ministero dei Lavori Pubblici provvederà a darne comunicazione a tutti gli enti interessati.

### **12.2.1.3. Definizioni**

#### **12.2.1.3.1. Pellicola di classe 1**

A normale risposta luminosa con durata di 7 anni. La pellicola nuova deve avere un coefficiente areico di intensità luminosa ( $R'$ ) rispondente ai valori minimi prescritti nella tabella II del paragrafo 23.11.1.4.3 e deve mantenere almeno il 50% dei suddetti valori per il periodo minimo di 7 anni di normale esposizione verticale all'esterno nelle medio condizioni ambientali d'uso.

Dopo tale periodo le coordinate tricromatiche devono ancora rientrare nelle zone colorimetriche di cui alla tabella I del paragrafo 23.11.1.4.1. Fa eccezione la pellicola di colore arancio che deve mantenere i requisiti di cui sopra per almeno tre anni. Valori inferiori devono essere considerati insufficienti ad assicurare la normale percezione di un segnale realizzato con pellicole retroriflettenti di classe 1.

#### **12.2.1.3.2. Pellicola di classe 2**

Ad alta risposta luminosa con durata di 10 anni. La pellicola deve avere un coefficiente areico di intensità luminosa rispondente ai valori minimi prescritti nella Tab. III del paragrafo 23.11.1.4.4 e deve mantenere almeno l' 80% dei suddetti valori per il periodo minimo di 10 anni di normale esposizione all'esterno nelle medio condizioni ambientali d'uso. Dopo tale periodo le coordinate tricromatiche devono ancora rientrare nelle zone colorimetriche di cui alla tabella I del paragrafo 23.11.1.4.1. Fa eccezione la pellicola di colore arancio che deve mantenere i requisiti di cui sopra per almeno tre anni. Valori inferiori devono essere considerati insufficienti ad assicurare la normale percezione di un segnale realizzato con pellicole retroriflettenti di classe 2.

#### **12.2.1.3.3. Pellicole sperimentali**

Come punto 23.11.1.3.2., aventi caratteristiche prestazionali grandangolari superiori (da utilizzarsi in specifiche situazioni stradali di tipo sperimentale), come previsto nel Capitolo 4 del "Manuale Tecnico della Segnaletica Stradale" dell'ANAS redatto dal Gruppo Tecnico della Sicurezza Stradale ed al paragrafo 23.11.1.4.4 Tabella IV al presente Capitolato.

#### **12.2.1.3.4. Pellicole stampate**

Gli inchiostri trasparenti e coprenti utilizzati per la stampa serigrafica delle pellicole retroriflettenti devono presentare la stessa resistenza agli agenti atmosferici delle pellicole. Le Ditte costruttrici dei segnali dovranno garantire la conformità della stampa serigrafica alle prescrizioni della ditta produttrice della pellicola retroriflettente.

I colori stampati sulle pellicole di classe 1 e di classe 2 devono mantenere le stesse caratteristiche fotometriche e colorimetriche previste rispettivamente ai paragrafi 23.11.1.4.1 e 23.11.1.4.2.

**12.2.1.3.5. Pellicole di tipo A**

Pellicole retroriflettenti termoadesive. Private del foglio protettivo dell'adesivo, si applicano a caldo e sottovuoto sui supporti per la segnaletica stradale.

**12.2.1.3.6. Pellicole di tipo B**

Pellicole retroriflettenti autoadesive. Private del foglio protettivo dell'adesivo, si applicano mediante pressione manuale ovvero con attrezzature idonee sui supporti per la segnaletica stradale.

**12.2.1.3.7. Limite colorimetrico**

Linea (retta) nel diagramma di aromaticità (C.I.E. 45.15.200) che separa l'area di aromaticità consentita da quella non consentita.

**12.2.1.3.8. Fattore di luminanza**

Rapporto tra la luminanza della superficie e quella di un diffusore perfetto per riflessione illuminato nelle stesse condizioni (C.I.E. 45.20.200).

**12.2.1.3.9. Coefficiente areico di intensità luminosa**

Quoziente che si ottiene dividendo l'intensità luminosa (I) del materiale retroriflettente nella direzione di osservazione per il prodotto dell'illuminamento (E1) sulla superficie retroriflettente (misurato su un piano ortogonale alla direzione della luce incidente) e della sua area (A).

$$\text{Simbolo: } R'; R' = \frac{I}{(E1) \times A}$$

Unità di misura: cd / lux x m2

**12.2.1.3.10. Angolo di divergenza**

Angolo compreso tra la direzione della luce incidente e la direzione secondo la quale si osserva la pellicola retroriflettente.

**12.2.1.3.11. Angolo di illuminazione**

Angolo compreso tra la direzione della luce incidente e la normale alla pellicola retroriflettente.

**12.2.1.4. Caratteristiche colorimetriche, fotometriche e metodologie di misura**

**12.2.1.4.1. Coordinate tricromatiche e fattore di luminanza - Prescrizioni**

Le coordinate tricromatiche dei colori da impiegare nel segnalamento stradale devono rientrare nelle zone consentite nel diagramma colorimetrico standard C.I.E. 1931. Il fattore di luminanza non deve essere inferiore al valore minimo prescritto nella seguente Tab. I., ad eccezione del colore nero il cui valore costituisce un massimo.

Tab. I - Coordinate colorimetriche valide per le pellicole di classe 1 e 2.

|               |  |                                    |
|---------------|--|------------------------------------|
| <b>COLORE</b> | <b>Coordinate dei 4 punti che delimitano le zone consentite nel diagramma colorimetrico C.I.E. 1931 (illuminante normalizzato D65, geometria 45/0)</b> | <b>Fattore di luminanza minimo</b> |
|               |  | <b>PELLICOLE</b>                   |

|          | 1     | 2     | 3     | 4     | CL.1           | CL.2   |
|----------|-------|-------|-------|-------|----------------|--------|
| BIANCO X | 0,350 | 0,300 | 0,285 | 0,335 | >=0,35         | >=0,27 |
| Y        | 0,360 | 0,310 | 0,325 | 0,375 |                |        |
| GIALLO X | 0,545 | 0,487 | 0,427 | 0,465 | >=0,27         | >=0,16 |
| Y        | 0,454 | 0,423 | 0,483 | 0,534 |                |        |
| ROSSO X  | 0,690 | 0,595 | 0,569 | 0,655 | >= 0,03        |        |
| Y        | 0,310 | 0,315 | 0,341 | 0,345 |                |        |
| VERDE X  | 0,007 | 0,248 | 0,177 | 0,026 | >= 0,03        |        |
| Y        | 0,703 | 0,409 | 0,362 | 0,399 |                |        |
| BLU X    | 0,078 | 0,150 | 0,210 | 0,137 | >= 0,01        |        |
| Y        | 0,171 | 0,220 | 0,160 | 0,038 |                |        |
| ARANC. X | 0,610 | 0,535 | 0,506 | 0,570 | >= 0,15        |        |
| Y        | 0,390 | 0,375 | 0,404 | 0,429 |                |        |
| MARRON.X | 0,455 | 0,523 | 0,479 | 0,588 |                |        |
| Y        | 0,397 | 0,429 | 0,373 | 0,394 | 0,03<=B<= 0,09 |        |
| GRIGIO X | 0,350 | 0,300 | 0,285 | 0,335 |                |        |
| Y        | 0,360 | 0,310 | 0,325 | 0,375 | 0,12<=B<=0,18  |        |
| NERO X   |       |       |       |       | <= 0,03        |        |
| Y        |       |       |       |       |                |        |

#### 12.2.1.4.2. Metodologia di prova

La misura delle coordinate tricromatiche e del fattore di luminanza deve essere effettuata secondo quanto specificato nella pubblicazione C.I.E. n.15 (E. 1.3.1.) 1971.

Il materiale si intende illuminato con luce diurna così come rappresentata dall'illuminante normalizzato D65 (C.I.E. 45.15.145) ad un angolo di 45 gradi rispetto alla normale alla superficie, mentre l'osservazione va effettuata nella direzione della normale (geometria 45/0).

La misura consiste nel rilievo del fattore di radianza spettrale nel campo 380:780 nm, da effettuare mediante uno spettrofotometro che consenta la geometria prescritta.

La misura delle coordinate tricromatiche e del fattore di luminanza viene effettuata su due provini della pellicola retroriflettente allo stato tal quale (nuova) e su provini sottoposti alle prove di cui ai paragrafi 23.11.1.5, 23.11.1.6, 23.11.1.8, 23.11.1.9 e 23.11.1.10.

#### 12.2.1.4.3. Coefficiente areico di intensità luminosa

##### 12.2.1.4.4. Prescrizioni

Il coefficiente areico di intensità luminosa non deve essere inferiore, per i vari colori ed i vari angoli di divergenza e di illuminazione, ai valori prescritti nella seguente Tab. II per le pellicole retroriflettenti di Classe 1, e nella Tab. III per le pellicole retroriflettenti di Classe 2.

Colori ottenuti con stampa serigrafica sul colore:

Tab. II - Pellicole di Classe 1 a normale risposta luminosa

| ANGOLI     | VALORI MINIMI DEL COEFFICIENTE AREICO DI INTENSITÀ LUMINOSA (cd.L.ux/-1 . m/-2) |        |       |       |     |         |         |
|------------|---|--------|-------|-------|-----|---------|---------|
| Div.   I11 | BIANCO  | GIALLO | ROSSO | VERDE | BLU | ARANCIO | MARRONE |



|     |     |     |     |      |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
|     | 5°  | 70  | 50  | 14,5 | 9   | 4   | 25  | 1,0 |
| 12' | 30° | 30  | 22  | 6    | 3,5 | 1,7 | 10  | 0,3 |
|     | 40° | 10  | 7   | 2    | 1,5 | 0,5 | 2,2 | 0,1 |
|     | 5°  | 50  | 35  | 10   | 7   | 2   | 20  | 0,6 |
| 20' | 30° | 24  | 16  | 4    | 3   | 1   | 8   | 0,2 |
|     | 40° | 9   | 6   | 1,8  | 1,2 | 0,1 | 2,2 | 0,1 |
|     | 5°  | 5   | 3   | 1,0  | 0,5 | 0,1 | 1,2 | 0,1 |
| 2°  | 30° | 2,5 | 1,5 | 0,5  | 0,3 | 0,1 | 0,5 | 0,1 |
|     | 40° | 1,5 | 1,0 | 0,5  | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |

Tab. III - Pellicole di Classe 2 ad alta risposta luminosa

| ANGOLI |     | VALORI MINIMI DEL COEFFICIENTE AREICO DI INTENSITÀ LUMINOSA (cD.L.ux/-1 . m/-2) |        |       |       |     |         |         |
|--------|-----|---|--------|-------|-------|-----|---------|---------|
| Div.   | I11 | BIANCO  | GIALLO | ROSSO | VERDE | BLU | ARANCIO | MARRONE |
| .....  | 5°  | 250   | 170    | 45    | 45    | 20  | 100     | 12      |
| 12'    | 30° | 150   | 100    | 25    | 25    | 11  | 60      | 8,5     |
|        | 40° | 110   | 70     | 15    | 12    | 8   | 29      | 5       |
|        | 5°  | 180   | 120    | 25    | 21    | 14  | 65      | 8       |
| 20'    | 30° | 100   | 70     | 14    | 12    | 8   | 40      | 5       |
|        | 40° | 95  | 60     | 13    | 11    | 7   | 20      | 3       |
|        | 5°  | 5   | 3      | 1,0   | 0,5   | 0,2 | 1,5     | 0,2     |
| 2°     | 30° | 2,5   | 1,5    | 0,4   | 0,3   | 0,1 | 1,0     | 0,1     |
|        | 40° | 1,5   | 1,0    | 0,3   | 0,2   | 0,1 | 1,0     | 0,1     |

Per applicazioni di tipo sperimentale, nel caso di utilizzo di pellicole di classe 2 ad alta risposta luminosa grandangolare, devono essere sempre rispettati i valori minimi indicati nella citata tabella III, nonché, come indicato nel Manuale Tecnico della Segnaletica Stradale dell'Ente, devono essere garantiti gli ulteriori valori minimi, ad angolazioni diverse, come di seguito riportati nella Tab. IV.

Tab. IV Pellicola di Classe 2 sperimentale ad alta risposta luminosa grandangolare

| ANG. DIVERG. | ANG. ILLUM. | BIANCO | GIALLO | ROSSO | VERDE | BLU  |
|--------------|-------------|--------|--------|-------|-------|------|
| 1°           | 5°          | 80     | 65     | 20    | 10    | 4    |
|              | 30°         | 50     | 40     | 13    | 5     | 2,5  |
|              | 40°         | 15     | 13     | 5     | 2     | 1    |
| 1,5°         | 5°          | 20     | 16     | 5     | 2,5   | 1    |
|              | 30°         | 10     | 8      | 2,5   | 1     | 0,5  |
|              | 40°         | 5      | 4,5    | 1,5   | 0,5   | 0,25 |

Per un corretto uso delle suddette pellicole non si può prescindere da una seria preparazione dei documenti tecnici ed, al riguardo, la ditta aggiudicataria, oltre alle indicazioni menzionate, dovrà rispettare anche le seguenti ulteriori prescrizioni:

\*233 dovrà essere prodotto per le pellicole un rapporto di prova, rilasciato da uno dei Laboratori di cui al D.M. 31/3/1995, attestante che le pellicole retroriflettenti soddisfino i requisiti della tabella sopra menzionata, unitamente alla certificazione di conformità di Classe 2 prevista dallo stesso D.M. 31/3/1995;

\*234 potrà essere richiesto che tali pellicole siano dotate anche di un sistema anticondensa che, oltre alle caratteristiche fotometriche e prestazionali di cui sopra, dovranno essere tali da evitare la formazione di condensa sul segnale durante l'arco delle ventiquattro ore. Detta caratteristica è definita da un angolo di contatto delle gocce d'acqua sul segnale stesso non superiore a circa  $20^\circ \pm 2^\circ$  e misurata con gli stessi strumenti utilizzati nella misura delle tensioni superficiali "Krus" con acqua distillata ed alla temperatura di  $22^\circ$ . Tale misura dovrà essere condotta su segnali installati all'aperto in esposizione verticale nelle stesse condizioni di posa in opera. In ogni caso tali caratteristiche dovranno essere attestate nel rapporto di prova di cui sopra unitamente ad una relazione tecnica, relativa alla valutazione della effettiva proprietà anticondensa, rilasciata da un laboratorio di cui al D.M. 31/3/95.

Infine, un riguardo particolare deve essere rivolto alle fasi di montaggio del supporto del segnale: la necessità di precisione nell'orientazione delle pellicole è infatti sempre correlata alla loro risposta luminosa e facilmente si può determinare la caduta delle caratteristiche prestazionali. Un'attenzione specifica deve essere quindi rivolta dal direttore dei lavori alla posa in opera di questi materiali.

#### **12.2.1.4.5. Condizioni di prova**

La misura del coefficiente areico di intensità luminosa deve essere effettuata secondo le raccomandazioni contenute nella pubblicazione C.I.E. n.54 con illuminante normalizzato A (2856K).

Per la misura del coefficiente areico di intensità luminosa devono essere considerate:

- la misura dell'area della superficie utile del campione  $d/2$ ;
- la misura dell'illuminamento  $E/1$  in corrispondenza del campione;
- la misura dell'illuminamento  $E_r$  su rivelatore per ottenere l'intensità luminosa emessa dal campione mediante la relazione:

$$I = E_r \cdot d$$

La misura del coefficiente areico di intensità luminosa viene effettuata su due provini della pellicola retroriflettente allo stato tal quale (nuova) e su provini sottoposti alle prove di cui ai paragrafi 23.11.1.5, 23.11.1.6, 23.11.1.8, 23.11.1.9 e 23.11.1.10.

### **12.2.1.5. Caratteristiche tecnologiche e metodologiche di prova**

#### **12.2.1.5.1. Condizioni di prova**

Le prove devono essere iniziate dopo un condizionamento minimo di 24 ore alla temperatura di  $23 \pm 2$  gradi C e  $50 \pm 5\%$  di umidità relativa. Le prove di resistenza devono essere effettuate su provini sigillati con un prodotto idoneo.

#### **12.2.1.5.2. Spessore, incluso l'adesivo - Prescrizioni**

Classe 1 non superiore a mm. 0,25

Classe 2 non superiore a mm. 0,30

#### **12.2.1.5.3. Metodologia di prova**

Un pezzo di pellicola retroriflettente, delle dimensioni di circa mm. 150x150 dal quale sia stato rimosso il foglio protettivo dell'adesivo, viene applicato su una lamiera di alluminio, il cui spessore è stato precedentemente misurato con un micrometro.

Si effettuano quindi almeno 3 determinazioni in zone differenti dello spessore complessivo della lamiera e della pellicola, utilizzando lo stesso micrometro.

La media delle differenze tra lo spessore complessivo e quello della sola lamiera rappresenta lo spessore medio della pellicola.

### **12.2.1.6. Adesività**

#### **12.2.1.6.1. Prescrizioni**

Le pellicole retroriflettenti sia di tipo A sia di tipo B devono aderire perfettamente ai supporti su cui sono applicate e non dare segni di distacco per il periodo di vita utile della pellicola.

#### **12.2.1.6.2. Metodologia di prova**

Su tre pannelli di alluminio di circa mm 60x120 si applica, secondo le indicazioni della ditta produttrice della pellicola, un pezzo della pellicola retroriflettente da sottoporre alla prova di circa mm.20x40.

Dopo aver condizionato i provini secondo quanto indicato al paragrafo 23.11.1.4. si rimuovono circa cm 2 lineari di pellicola con l'aiuto di un bisturi o di una lametta.

Si tenta di rimuovere quindi i rimanenti cm 2 lineari di pellicola manualmente, senza l'aiuto di attrezzatura alcuna.

La prova si considera superata positivamente:

- se nonostante l'aiuto di un bisturi o di una lametta non risulta possibile la rimozione dei primi cm 2 lineari di pellicola;
- se la rimozione manuale senza aiuto di attrezzatura provoca la rottura, anche parziale, della pellicola;

### **12.2.1.7. Flessibilità**

#### **12.2.1.7.1. Prescrizioni**

Al termine delle prove le pellicole retroriflettenti, sia di classe 1 che di classe 2, non devono mostrare fessurazioni superficiali o profonde.

#### **12.2.1.7.2. Metodologie di prova**

Su tre pannelli di alluminio delle dimensioni di mm 60x120x0,5 si applica la pellicola retroriflettente da sottoporre alla prova.

Trascorse 48 ore dall'applicazione, ogni pannello in 15 secondi viene impiegato a 9° su un mandrino del diametro di 10 mm per le pellicole di classe 1 e di 20 mm per le pellicole di classe 2; nella piegatura la superficie catodiottrica deve trovarsi all'esterno.

La prova si considera positiva se la pellicola non si rompe nella zona del piegamento per nessuno dei provini.

### **12.2.1.8. Resistenza all'invecchiamento accelerato strumentale**

#### **12.2.1.8.1. Prescrizioni**

Al termine della prova di 1.000 ore per la pellicola di Classe 1 e di 2.200 ore per quella di Classe 2 (500 ore per il colore arancio), le pellicole retroriflettenti non devono mostrare alcun difetto (bolle, spellamenti, fessurazioni, distacchi). Inoltre, le coordinate tricromatiche devono ancora rispondere alle prescrizioni di cui alla Tab. I ed il coefficiente areico di intensità luminosa relativo ad un angolo di divergenza di 20° e ad un angolo di illuminazione di 5°, non deve risultare inferiore ai seguenti valori:

- 50% dei valori minimi di cui alla Tab. II per le pellicole di classe 1;
- 80% dei valori minimi di cui alla Tab. III per le pellicole di classe 2.

#### **12.2.1.8.2. Metodologia di prova**

Su tre pannelli di alluminio si applica un pezzo di pellicola avente dimensioni di mm 90 x 90.

Eventualmente possono anche essere utilizzate dimensioni diverse a seconda delle caratteristiche costruttive delle attrezzature di prova. L'area del pannello non deve però essere inferiore a mm 50x50.

Dopo un condizionamento secondo quanto indicato al punto 23.11.1.5.1. i provini vengono sottoposti ad invecchiamento artificiale, in conformità alla norma ASTM G 26 - 83.

Le modalità di prova sono le seguenti:

- metodo di prova "A":

esposizione continua alla luce ed esposizione intermittente a spruzzi di acqua;

- ciclo di prova:

102 minuti di luce seguiti da 18 minuti di luce e spruzzi di acqua;

- sorgente luminosa:

lampada allo xenon d 6500 W;

- filtro interno ed esterno in vetro al borosilicato;

- irraggiamento sul campione:

controllato mediante regolazione della potenza della lampada a gradi per la simulazione della distribuzione spettrale relativa di energia della luce diurna lungo tutta la regione attinica;

- temperatura massima in corrispondenza dei provini durante l'esposizione alla sola azione delle radiazioni: 63° +/- 5° (misurata mediante termometro a bulbo nero);

- umidità relativa: 65+/-5%;

- temperatura dell'acqua all'ingresso dell'apparecchio di spruzzo: 16° +/- 5° C.

Al termine dopo aver lavato con acqua deionizzata i provini ed averli asciugati con un panno morbido, se ne osserva lo stato di conservazione e si effettua la verifica delle caratteristiche colorimetriche e fotometriche previste.

Se la prova d'invecchiamento artificiale riguarda pellicole stampate serigraficamente, al termine della prova le zone stampate devono rispettare le prescrizioni fissate al punto 23.11.1.5.1. con riferimento ai valori riportati nelle note 2 e 3 alle tabelle II e III.

### **12.2.1.9. Resistenza alla nebbia salina**

#### **12.2.1.9.1. Prescrizioni**

Al termine della prova, le pellicole retroriflettenti non devono mostrare alcun difetto (bolle, spellamenti, fessurazioni, distacco), ed in particolare le coordinate tricromatiche devono ancora rispondere alle prescrizioni di cui alla Tab. I; il coefficiente areico di intensità luminosa relativo ad un angolo di divergenza di 20° ed un angolo di illuminazione di 5°, non deve risultare inferiore ai seguenti valori:

- 50% dei valori minimi di cui alla Tab. II per le pellicole di classe 1;

- 80% dei valori minimi di cui alla Tab. III per le pellicole di classe 2.

#### **12.2.1.9.2. Metodologia di prova**

Su tre pannelli di alluminio delle dimensioni di mm. 90 x 120 si applica un pezzo della pellicola in esame avente anch'esso dimensioni di mm 90x120.

Dopo un condizionamento secondo quanto indicato al paragrafo 23.11.1.5.1, li si sottopone all'azione della nebbia salina, ottenuta da una soluzione acquosa di cloruro di sodio al 5% (5 parti in peso di NaCl in 95 parti di acqua deionizzata), alla temperatura di 35+/-2 gradi C.

La prova è costituita da due cicli di 22 ore, separati da un intervallo di 2 ore a temperatura ambiente, durante il quale i provini si asciugano. Al termine, dopo aver lavato con acqua deionizzata i provini ed averli asciugati con un panno morbido, se ne osserva lo stato di conservazione. Trascorse 24 ore, si controlla una seconda volta lo stato di conservazione dei provini e si effettua la verifica delle caratteristiche colorimetriche e fotometriche previste.

### **12.2.1.10. Resistenza all'impatto**

#### **12.2.1.10.1. Prescrizioni**

Al termine della prova, le pellicole non devono mostrare segni di rottura o di distacco dal supporto.

#### **12.2.1.10.2. Metodologia di prova**

Su tre pannelli di alluminio delle dimensioni di mm 150x150x0.5 si applica un pezzo della pellicola in esame avente anch'esso dimensioni di mm 150 x 150. Dopo un condizionamento secondo quanto indicato al paragrafo 23.11.1.5.1., i provini devono essere appoggiati sui bordi in modo da lasciare un'area libera di mm 100x100. Si sottopone il centro dei provini all'impatto di una biglia di acciaio del diametro non superiore a 51 mm e della massa di 540 g in caduta da un'altezza di 22 cm.

### **12.2.1.11. Resistenza al calore**

#### **12.2.1.11.1. Prescrizioni**

Al termine della prova, le pellicole non devono mostrare alcun difetto (bolle, delaminazioni, rotture, fessurazioni o distacchi) ed in particolare le coordinate tricromatiche devono ancora rispondere alle prescrizioni di cui alla tabella I; il coefficiente areico di intensità luminosa relativo ad un angolo di divergenza di 20° ed un angolo di illuminazione di 5° non deve risultare inferiore ai seguenti valori:

- 50% dei valori minimi di cui alla Tab. II per le pellicole di classe 1;
- 80% dei valori minimi di cui alla Tab. III per le pellicole di classe 2.

#### **12.2.1.11.2. Metodologia di prova**

Su tre pannelli di alluminio, delle dimensioni di mm. 15 x 75, si applica un pezzo di pellicola avente anche esso le stesse dimensioni. Dopo un condizionamento secondo quanto indicato al paragrafo 23.11.1.5.1, li si sottopone in forno alla temperatura di 70° +/- 3° C per 24 ore. Trascorse 2 ore a temperatura ambiente, si osserva lo stato di conservazione dei provini e si effettua la verifica delle caratteristiche colorimetriche e fotometriche previste.

### **12.2.1.12. Resistenza al freddo**

#### **12.2.1.12.1. Prescrizioni**

Al termine della prova, le pellicole non devono mostrare alcun difetto (bolle, delaminazioni, rotture, fessurazioni o distacchi) ed in particolare le coordinate tricromatiche devono ancora rispondere alle prescrizioni di cui alla tabella 1; il coefficiente areico di intensità luminosa relativo ad un angolo di divergenza di 20° ed un angolo di illuminazione di 5° non deve risultare inferiore ai seguenti valori:

- 50% dei valori minimi di cui alla tabella II per le pellicole di classe I;
- 80% dei valori minimi di cui alla tabella III per le pellicole di classe 2.

### **12.2.1.13. Resistenza ai carburanti**

#### **12.2.1.13.1. Prescrizioni**

Al termine della prova, le pellicole non devono mostrare alcun difetto (bolle, spellamenti, fessurazioni, distacchi) ed in particolare le coordinate tricromatiche devono ancora rispondere alle prescrizioni di cui alla tabella I; il coefficiente areico di intensità luminosa relativo ad un angolo di divergenza di 20° ed un angolo di illuminazione di 5° non deve risultare inferiore ai seguenti valori:

- 50% dei valori minimi di cui alla tabella II per le pellicole di classe 1;
- 80% dei valori minimi di cui alla tabella III per le pellicole di classe 2.

#### **12.2.1.13.2. Metodologia di prova**

Su due pannelli di alluminio, delle dimensioni di mm 60 x 120, si applica un pezzo della pellicola in esame avente anch'esso dimensioni di mm 60x120. Dopo un condizionamento secondo quanto indicato al paragrafo 23.11.1.5.1, i pannelli vengono immersi in una vaschetta di vetro contenente una miscela costituita per il 70% da isotano e per il 30% da toluene.

La prova ha durata di 1 minuto alla temperatura di 23° +/- 1° C. Al termine, i provini vengono tolti dal liquido di prova; si lavano con acqua deionizzata, si asciugano con un panno morbido e se ne osserva lo stato di conservazione. Trascorse 24 ore, si controlla una seconda volta lo stato di conservazione dei provini e si effettua la verifica delle caratteristiche colorimetriche e fotometriche previste.

### **12.2.1.14. Resistenza ai saponi ed ai detersivi neutri**

#### **12.2.1.14.1. Prescrizioni**

Al termine della prova, le pellicole non devono mostrare alcun difetto (bolle, delaminazioni, fessurazioni, distacchi).

#### **12.2.1.14.2. Metodologie di prova**

La prova si esegue come indicato al punto 23.11.1.10.2 utilizzando però normali saponi e detersivi neutri disponibili in commercio. Durata della prova: 1 ora alla temperatura di 23° +/- 1° C.

### **12.2.1.15. Caratteristiche del contrassegno di individuazione**

#### **12.2.1.15.1. Prescrizioni**

Il contrassegno di individuazione di cui al capitolo 5 deve essere integrato con la struttura interna della pellicola, deve essere inasportabile, non contraffattibile e deve rimanere visibile dopo la prova di resistenza all'invecchiamento accelerato strumentale.

#### **12.2.1.15.2. Metodologie di prova**

Verifica della inasportabilità

Un campione rappresentativo di pellicola, sia di classe 1 che di classe 2, di dimensioni tali da comprendere almeno un contrassegno, deve essere sottoposto ad abrasione mediante un bisturi oppure un raschietto fino all'asportazione parziale dello strato superficiale.

Dopo la prova, il contrassegno deve ancora permanere nella struttura interna della pellicola.

### **12.2.1.16. Verifica della non contraffattibilità e della struttura interna del campione.**

Un campione rappresentativo deve essere sezionato in corrispondenza del contrassegno ed esaminato al microscopio ottico. Il contrassegno deve essere visibile nella struttura interna della pellicola ed integrato in essa.

### **12.2.1.17. Verifica della durata**

Dopo la prova di resistenza all'invecchiamento accelerato strumentale, di cui al paragrafo 23.11.1.8, il contrassegno di individuazione deve rimanere ancora visibile.

## **12.2.2. Individuazione delle pellicole retroriflettenti**

I produttori delle pellicole retroriflettenti, rispondenti ai requisiti di cui al presente disciplinare, dovranno provvedere a renderle riconoscibili a vista mediante un contrassegno contenente il marchio o il logo tipo del fabbricante e la dicitura "7 anni" e "10 anni" rispettivamente per le pellicole di classe 1 e di classe 2.

Le diciture possono anche essere espresse nelle altre lingue della CEE.

I fabbricanti dei segnali stradali dovranno curare, e gli Enti acquirenti accertare, che su ogni porzione di pellicola impiegata per realizzare ciascun segnale compaia, almeno una volta, il suddetto contrassegno.

Non potranno pertanto essere utilizzate per la costruzione di segnali stradali pellicole retroriflettenti a normale e ad alta risposta luminosa sprovviste di tale marchio.

Le analisi e prove da eseguire sui materiali retroriflettenti, così come previste dal presente disciplinare, potranno avere luogo solo previo accertamento della presenza del marchio di individuazione e della sussistenza delle sue caratteristiche, secondo quanto stabilito al paragrafo 23.11.1.15.

## **12.2.3. Supporti in lamiera**

I segnali saranno costituiti in lamiera di ferro di prima scelta, dello spessore non inferiore a 10/10 di millimetro o in lamiera di alluminio semicrudo puro al 99% dello spessore non inferiore a 25/10 di millimetro (per dischi, triangoli, frecce e targhe di superficie compresa entro i 5 metri quadrati) e dello spessore di 30/10 di millimetri per targhe superiori ai metri quadrati 5 di superficie.

- Rinforzo perimetrale

Ogni segnale dovrà essere rinforzato lungo il suo perimetro da una bordatura di irrigidimento realizzata a scatola delle dimensioni non inferiori a centimetri 1,5;

- Traverse di rinforzo e di collegamento

Qualora le dimensioni dei segnali superino la superficie di metri quadrati 1,50, i cartelli dovranno essere ulteriormente rinforzati con traverse di irrigidimento piegate ad U dello sviluppo di centimetri 15, saldate al cartello nella misura e della larghezza necessaria.

- Traverse intelaiature

Dove necessario sono prescritte per i cartelli di grandi dimensioni traverse in ferro zincate ad U di collegamento tra i vari sostegni.

Tali traverse dovranno essere complete di staffe d attacchi a morsetto per il collegamento, con bulloni in acciaio inox nella quantità necessaria, le dimensioni della sezione della traversa saranno di millimetri 50x23, spessore di millimetri 5, e la lunghezza quella prescritta per i singoli cartelli.

La verniciatura di traverse, staffe, attacchi e bulloni dovrà essere eseguita come per i sostegni.

La zincatura delle traverse dovrà essere conforme alle Norme C.E.I. 7 - fascicolo 239 (1968) sul Controllo della zincatura.

- Congiunzioni diverse pannelli costituenti i cartelli di grandi dimensioni

Qualora i segnali siano costituiti da due o più pannelli, congiunti, questi devono essere perfettamente accostati mediante angolari anticorodal da millimetri 20x20, spessore millimetri 3, opportunamente forati e muniti di un numero di bulloncini in acciaio inox da 1/4 x 15 sufficienti ad ottenere un perfetto assestamento dei lembi dei pannelli.

- Trattamento lamiera (preparazione del grezzo e verniciatura)

La lamiera di ferro dovrà essere prima decapata e quindi fosfotizzata mediante procedimento di bondrizzazione al fine di ottenere sulle superfici della lamiera stessa uno strato di cristalli salini protettivi ancorati per la successiva verniciatura.

La lamiera di alluminio dovrà essere resa anche mediante carteggiatura, sgrassamento a fondo e quindi sottoposta a procedimento di fosfocromatizzazione e ad analogo procedimento di pari affidabilità su tutte le superfici.

Il grezzo dopo aver subito i suddetti processi di preparazione, dovrà essere verniciato a fuoco con opportuni prodotti, secondo il tipo di metallo.

La cottura della vernice sarà eseguita a forno e dovrà raggiungere una temperatura di 140 gradi.

Il resto e la scatolatura dei cartelli verrà rifinito in colore grigio neutro con speciale smalto sintetico.

#### **12.2.4. Attacchi**

Ad evitare forature tutti i segnali dovranno essere muniti di attacchi standard (per l'adattamento ai sostegni in ferro tubolare diam. mm. 48, 60, 90), ottenuto mediante fissaggio elettrico sul retro di corsoio a "C" della lunghezza minima di 22 centimetri, oppure sarà ricavato (nel caso di cartelli rinforzati e composti di pannelli multipli) direttamente sulle traverse di rinforzo ad U.

Tali attacchi dovranno essere completati da opportune staffe in acciaio zincato corredate di relativa bulloneria pure zincata.

#### **12.2.5. Sostegni**

I sostegni per i segnali verticali, portali esclusi, saranno in ferro tubolare diam. mm. 60, 90 chiusi alla sommità e, previo decapaggio del grezzo, dovranno essere zincati conformemente alle norme UNI 5101 e ASTM 123, ed eventualmente verniciati con doppia mano di idonea vernice sintetica opaca in tinta neutra della gradazione prescritta dalla Direzione Lavori.

Detti sostegni comprese le staffe di ancoraggio del palo di basamento, dovranno pesare rispettivamente per i due diametri sopra citati non meno di 4,2 e 8,00 Kg/m.

Previo parere della Direzione Lavori, il diametro inferiore sarà utilizzato per i cartelli triangolari, circolari e quadrati di superficie inferiore a metri quadrati 0,8, mentre il diametro maggiore sarà utilizzato per i cartelli a maggiore superficie.

Il dimensionamento dei sostegni dei grandi cartelli e la loro eventuale controventatura dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori previo studio e giustificazione tecnica redatta dalla Società cottimista.

#### **12.2.6. Sostegni a portale**

I sostegni a portale del tipo a bandiera, a farfalla e a cavalletto saranno realizzati in lamiera di acciaio zincato a caldo con ritti a sezione variabile a perimetro costante di dimensioni calcolate secondo l'impiego e la superficie di targhe da installare.

La traversa sarà costituita da tubolare a sezione rettangolare o quadra e collegata mediante piastra di idonea misura.

La struttura sarà calcolata per resistere alla spinta del vento di 150 km/ora.

I portali saranno ancorati al terreno mediante piastra di base fissata al ritto, da bloccare alla contro piastra in acciaio ad appositi tirafondi annegati nella fondazione in calcestruzzo.

L' altezza minima del piano viabile al bordo inferiore delle targhe è di cm. 550.

La bulloneria sarà in acciaio 8.8 con trattamenti Draconet 320.

#### **12.2.7. Fondazioni e posa in opera**

La posa della segnaletica verticale dovrà essere eseguita installando sostegni su apposito basamento delle dimensioni minime di cm. 30x30x50 di altezza in conglomerato cementizio dosato a quintali 2,5 di cemento tipo 325 per metro cubo di miscela intera granulometricamente corretta.

Il basamento dovrà essere opportunamente aumentato per i cartelli di maggiori dimensioni.

Le dimensioni maggiori saranno determinate dal Cottimista tenendo presente che sotto la sua responsabilità gli impianti dovranno resistere ad una velocità massima del vento di Km. 150/ora.

Resta inteso che tale maggiorazione è già compresa nel prezzo della posa in opera.

L'Impresa dovrà curare in modo particolare la sigillatura dei montanti nei rispettivi basamenti prendendo tutte le opportune precauzioni atte ad evitare collegamenti non rigidi, non allineati e pali non perfettamente a piombo.

I segnali dovranno essere installati in modo da essere situati alla giusta distanza e posizione agli effetti della viabilità e della regolarità del traffico seguendo il progetto redatto approvato dalla Direzione Lavori.

Il giudizio sulla esattezza di tale posizione è riservata in modo insindacabile dalla Direzione Lavori e saranno ed esclusivo carico e spese della Società cottimista ogni operazione relativa allo spostamento dei segnali giudicati non correttamente posati.

### **12.3. SEGNALETICA COMPLEMENTARE**

#### **12.3.1. Delineatori stradali**

##### **12.3.1.1. Generalità**

I segna limiti o delineatori stradali debbono avere i requisiti stabiliti nell'articolo 172 del Regolamento di attuazione del Nuovo Codice della Strada approvato con D.P.R. 16.12.1992 n. 495.

Tali dispositivi rifrangenti dovranno risultare approvati dal Ministero dei LL.PP.

I segna limiti devono, inoltre, portare impresso in vicinanza del dispositivo rifrangente, l'anno di fabbricazione ed il marchio di fabbrica o il nominativo della Ditta.

Nel caso in cui sia compresa nell'appalto anche la posa in opera, i segna limiti devono essere distanziati, secondo quanto indicato al richiamato art. 172 del regolamento.

I segna limiti devono inoltre rispondere ai seguenti requisiti:

- manutenzione facile;
- trasporto agevole;
- resistenza agli agenti atmosferici;
- non rappresentare un pericolo per gli utenti della strada.

Per quanto riguarda i dispositivi rifrangenti, si precisa che essi devono soddisfare ai seguenti requisiti:

- caratteristiche ottiche stabili nel tempo;
- colore definito da norme unificate sulla base di coordinate tricromatiche;
- fissaggio stabile dell'inserito al supporto.

##### **1) Forma - Dimensioni - Colori**

Indipendentemente dalla natura del materiale con cui sono prodotti, i segna limiti da collocare ai margini delle strade statali ed autostrade dovranno essere conformi alle disposizioni di cui all'art. 172 e 173 del Regolamento di attuazione 16.12.92 n. 495 e successive modifiche.

Nel caso in cui il delineatore debba essere posto in opera, la sommità del medesimo dovrà risultare a cm. 70 al di sopra della quota della banchina stradale.



Allo scopo di realizzare la flessibilità del delineatore, potranno essere adottati, nella sezione orizzontale in corrispondenza del piano della banchina accorgimenti particolari consistenti o nella creazione di sezioni di minore resistenza ovvero nell'inserimento di particolari materiali nel corpo del delineatore.

In attesa della pubblicazione del progetto di normativa europea pr EN 12899-3 si applicano i requisiti che seguono.

Per i segna limiti prodotti con materiali di natura plastica, si prescrive che le pareti del manufatto abbiano in ogni punto spessore inferiore a mm. 2 (due), che il segnalimite sia costituito da polimero della migliore qualità e precisamente da polietilene ad alta intensità, di colore bianco, con un tenore di biossido di titanio (TiO<sub>2</sub>) almeno del 2%.

I parametri caratteristici del polimero (polietilene ad alta densità), dovranno presentare valori compresi nei limiti seguenti:

- Indice di fluidità (Melt Index): dovrà essere compreso tra 0,2 + 0,4;
- Densità: 0,95;
- Carico di rottura (prima e dopo l'esposizione continua all'azione dei raggi ultravioletti in un apparecchio "weather o meter" secondo le norme ASTM 4527 e D 1499 - 59T):

prima: 220 Kg./cmq.

dopo : deve raggiungere almeno l'85% del valore iniziale;

- Allungamento a rottura (prima e dopo l'esposizione continua all'azione dei raggi ultravioletti come sopra):

prima: 35%

dopo : deve raggiungere almeno l'85% del valore della lunghezza iniziale;

- Resistenza all'urto del polimero pigmentato:

prima dell'esposizione ai raggi ultravioletti, la resistenza dell'urto, secondo le norme ISO - ASTM 256-56T deve raggiungere un minimo di 9 Kg./cmq.; dopo l'irradiazione, la resistenza deve raggiungere almeno l'80% del valore ottenuto prima dell'esposizione.

I dispositivi riflettenti impiegati nei segna limiti dovranno essere prodotti con metacrilato di metile od analoghi materiali ed aventi le caratteristiche indicate dall'art. 172 del Regolamento.

### **12.3.2. Prove ed accertamenti**

#### **a) Resistenza alla flessione**

La prova consisterà nel sottoporre il segnalimite, tenuto incastrato in corrispondenza della sezione posta a cm. 70 dalla sommità, in una flessione del piano verticale di simmetria (normale dell'asse stradale), fino ad ottenere una deviazione di 45 gradi rispetto alla posizione normale, mantenendo per 5' tale deviazione.

La temperatura di prova non dovrà essere superiore ai 25° C.

Il risultato della prova sarà considerato favorevole se, eliminato il carico che ha provocato la flessione, il segnalimite assumerà la sua posizione originaria senza alcuna traccia di deformazione residua.

Saranno considerati accettabili i segna limiti che, assoggettati alla prova meccanica di cui al presente paragrafo, ma alla temperatura di (5° + 1°) presenteranno una deviazione residua non superiore a 7°.

#### **b) Resistenza agli agenti chimici (ASTM D. 543):**

La prova sarà effettuata secondo la procedura descritta nella norma ASTM D. 543.

Le soluzioni aggressive impiegate per l'esecuzione della prova sono:

- Cloruro di sodio al 20%;
- Cloruro di calcio al 20%;
- Idrossido di ammonio al 10%;
- Acido cloridrico al 10%;
- Acido solforico al 10%;
- Olio minerale;

- Benzina.

c) Caratteristiche meccaniche e fisiche del materiale impiegato:

- 1) Titolo del pigmento TiO<sub>2</sub>;
- 2) Indice di fluidità del polimero pigmentato;
- 3) Densità del polimero pigmentato;
- 4) Carico di rotture del polimero pigmentato;
- 5) Allungamento a rottura del polimero pigmentato;
- 6) Resistenza all'urto del polimero pigmentato.

d) Caratteristiche dei dispositivi riflettenti:

Il catadiottero immerso per cinque minuti in acqua calda a +80° e immediatamente dopo, per altri cinque minuti, in acqua fredda a +10°, dovrà risultare integro, a perfetta tenuta stagna da controllare mediante pesature di precisione.

e) Fissaggio:

I catadiotteri devono essere fissati al delineatore con dispositivi e mezzi idonei ad impedirne l'asportazione.

f) Omologazione:

I catadiotteri impiegati dovranno essere omologati presso il Ministero dei LL.PP. e presentare impresso il relativo numero di omologazione in conformità all'articolo 192 del Regolamento di attuazione del Nuovo Codice della Strada.

### **12.3.3. Coni h = 32,7 cm.**

#### **12.3.3.1. Generalità**

I coni flessibili devono essere usati secondo le disposizioni previste per l'art. 34 del regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della Strada.

Coerentemente con quanto previsto all' art. 79 dello stesso Regolamento, i coni devono essere visibili di giorno come di notte.

A tale scopo essi devono essere riflettorizzati con fasce di colore bianco (oppure completamente riflettorizzati con fasce alterne bianche e rosse). La pellicola rifrangente deve essere esclusivamente di classe 2.

I coni sono realizzati in gomma di buona qualità e devono avere il corpo di colore rosso.

Sulla base di ogni cono è chiaramente impresso in maniera indelebile il nome del costruttore.

#### **12.3.3.2. Forma**

L'altezza dei coni deve essere di norma di 32,7 +/- 2 cm con la stessa configurazione riportata alla figura II 396 del Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada (preferibile base poligonale).

Devono avere una forma idonea tale da garantire, se impilati, di incastrarsi l'uno con l'altro senza danneggiare il materiale retroriflettente.

I coni devono avere un'adeguata base di appoggio per garantire la necessaria stabilità durante le normali condizioni d'uso.

#### **12.3.3.3. Peso**

Il peso dei coni, comprensivi della base, deve essere superiore a 3,0 kg.

#### **12.3.3.4. Caratteristiche colorimetriche corpo del cono superficie non retroriflettente**

Quando sottoposto a prove secondo le procedure definite nella pubblicazione C.I.E. n. 51.2 (1986), utilizzando l'illuminante normalizzato D65, geometria 45/0, il colore rosso del corpo deve essere conforme alla tabella 1 come appropriato.

TABELLA 1

| COLORE | 1     |       | 2     |       | 3     |       | 4     |       | FATTORE |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
|        | X     | Y     | X     | Y     | X     | Y     | X     | Y     | DI      |
|        |       |       |       |       |       |       |       |       | LUMIN.B |
| ROSSO  | 0,690 | 0,310 | 0,575 | 0,316 | 0,521 | 0,371 | 0,610 | 0,390 | >= 0,11 |

#### 12.3.3.5. Superfici retroriflettenti

Quando sottoposti a prove secondo le procedure definite nella pubblicazione C.I.E. n. 15.2 (1986), utilizzando l'illuminante normalizzato D65, geometria 45/0, i colori delle pellicole retroriflettenti, bianco oppure rosso serigrafato, devono essere conformi ai valori previsti nella tabella 1 del disciplinare tecnico del Ministero dei LL.PP. pubblicato con D.M. 31 marzo 1995.

#### 12.3.3.6. Caratteristiche fotometriche

Secondo quanto previsto all'art. 36 del Regolamento, le fasce di colore bianco (oppure il materiale retroriflettente a fasce alterne bianche e rosse) devono avere un coefficiente areico di intensità luminosa R' iniziale non inferiore ai valori minimi prescritti per i vari angoli di divergenza e di illuminazione nella tabella III del disciplinare tecnico del Ministero dei LL.PP. pubblicato con D.M. 31 marzo 1995.

Le misure sono eseguite in conformità alle procedure definite nella pubblicazione C.I.E. n. 54 (1982), utilizzando l'illuminante normalizzato A.

#### 12.3.3.7. Caratteristiche comportamentali del materiale retroriflettente

Il materiale retroriflettente che costituisce le fasce di colore bianco (oppure le fasce alternate bianche e rosse) supera le prove di resistenza previste ai paragrafi 4.4, 4.5, 4.6, 4.8, 4.9, 4.10 e 4.11 del disciplinare tecnico del Ministero dei Lavori Pubblici pubblicato con D.M. 31 marzo 1995.

L'adesione del materiale retroriflettente alla superficie del cono deve essere adeguatamente dimostrata. In particolare, dopo aver praticato un taglio verticale per tutta l'altezza della pellicola, quest'ultima non deve subire un distacco dalla base del cono superiore a 1 mm.

#### 12.3.3.8. Caratteristiche comportamentali del cono finito

I coni flessibili devono essere stabili, resistenti alle cadute, resistenti agli impatti a basse temperature.

In attesa di prove specifiche definite, valgono le prove descritte ai paragrafi 7.4, 7.5, 7.6 del progetto di norma europea "Attrezzature stradali - Segnali stradali portatili - coni e cilindri", riferimento pr EN 13422 ottobre 1998 e successive modifiche.

In particolare sono richiesti i seguenti requisiti:

a) Stabilità (rif. 7.4 del progetto di norma): dopo aver applicato una forza orizzontale pari a 6 N, il cono non deve subire alcun ribaltamento.

b) Resistenza all'impatto a basse temperature (rif. 7.5 del progetto di norma): raffreddato ad una temperatura di  $-25^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$  e colpito da una sfera di  $0,9 \pm 0,045 \text{ kg.}$ , il cono non deve subire alcun danneggiamento tipo fessurazioni della gomma e della pellicola.

Dopo la prova il cono deve ritornare nella sua forma originale.

c) Resistenza alla caduta (rif. 6.7 del progetto di norma):

il cono, raffreddato a  $-18^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$  e lasciato cadere liberamente da un'altezza di  $1500 \pm 50 \text{ mm.}$ , non deve subire alcuna rottura o deformazione permanente sia nel cono che negli inserti retroriflettenti.

L'Impresa, ai sensi del D.lgs. 358/92 e del DPR 576/94, deve presentare all'Amministrazione, tutta la certificazione inerente il superamento dei requisiti sopra elencati.

### 12.3.4. Coni h = 50 cm.

#### 12.3.4.1. Generalità

I coni flessibili devono essere usati secondo le disposizioni previste per l'art. 34 del regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della Strada.

Coerentemente con quanto previsto all'art. 79 dello stesso Regolamento, i coni devono essere visibili di giorno come di notte. A tale scopo essi devono essere riflettorizzati con fasce di colore bianco oppure completamente riflettorizzati con fasce alterne bianche e rosse.

I coni dovranno essere realizzati in gomma di buona qualità e dovranno avere il corpo di colore rosso.

Sulla base di ogni cono sarà chiaramente impresso in maniera indelebile il nome del costruttore ed il relativo numero di autorizzazione alla costruzione dei segnali rilasciato dal Ministero dei Lavori Pubblici.

#### 12.3.4.2. Forma

L'altezza dei coni dovrà essere di norma di 50 +/- 2 cm. con la stessa configurazione riportata alla figura II 396 del Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada (preferibile base poligonale).

Dovranno avere una forma idonea tale da garantire, se impilati, di incastrarsi l'uno con l'altro senza danneggiare il materiale retroriflettente.

I coni devono avere un'adeguata base di appoggio per garantire la necessaria stabilità durante le normali condizioni d'uso.

#### 12.3.4.3. Peso

Il peso dei coni, comprensivi della base, dovrà essere superiore a 2,0 kg.

Per condizioni d'uso particolari dovrà essere previsto un peso totale superiore a 3,0 kg.

#### 12.3.4.4. Caratteristiche colorimetriche corpo del cono superficie non riflettente

Quando sottoposto a prove secondo le procedure definite nella pubblicazione C.I.E. n. 51.2 (1986), utilizzando l'illuminante normalizzato D65, geometria 45/0, il colore rosso del corpo dovrà essere conforme alla tabella 1 come appropriato.

TABELLA 1

| COLORE | 1     | 2     | 3     | 4     | FATTORE |       |       |       |         |         |
|--------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|---------|---------|
|        | X     | Y     | X     | Y     | X       | Y     | X     | Y     | LUMIN.B | DI      |
| ROSSO  | 0,690 | 0,310 | 0,575 | 0,316 | 0,521   | 0,371 | 0,610 | 0,390 |         | >= 0,11 |

#### 12.3.4.5. Superfici retroriflettenti

Quando sottoposti a prove secondo le procedure definite nella pubblicazione C.I.E. n. 15.2 (1986), utilizzando l'illuminante normalizzato D65, geometria 45/0, i colori delle pellicole retroriflettenti, bianco oppure rosso serigrafato, dovranno essere conformi ai valori previsti nella tabella 1 del disciplinare tecnico del Ministero dei LL.PP. pubblicato con D.M. 31 marzo 1995.

#### 12.3.4.6. Caratteristiche fotometriche

Secondo quanto previsto all'art. 36 del Regolamento, le fasce di colore bianco (oppure il materiale retroriflettente a fasce alterne bianche e rosse) dovranno avere un coefficiente areico di intensità luminosa R' iniziale non inferiore ai valori minimi prescritti per i vari angoli di divergenza e di illuminazione nella tabella III del disciplinare tecnico del Ministero dei LL.PP. pubblicato con D.M. 31 marzo 1995.

Le misure saranno eseguite in conformità alle procedure definite nella pubblicazione C.I.E. n. 54 (1982), utilizzando l'illuminante normalizzato A.

#### 12.3.4.7. Caratteristiche comportamentali del materiale retroriflettente

Il materiale retroriflettente che costituisce le fasce di colore bianco (oppure le fasce alternate bianche e rosse) dovrà superare le prove di resistenza previste ai paragrafi 4.4, 4.5, 4.6, 4.8, 4.9, 4.10 e 4.11 del disciplinare tecnico del Ministero dei Lavori Pubblici pubblicato con D.M. 31 marzo 1995.

L'adesione del materiale retroriflettente alla superficie del cono dovrà essere adeguatamente dimostrata. In particolare, dopo aver praticato un taglio verticale per tutta l'altezza della pellicola, quest'ultima non dovrà subire un distacco dalla base del cono superiore a 1 mm.

#### **12.3.4.8. Caratteristiche comportamentali del cono finito**

I coni flessibili dovranno essere stabili, resistenti alle cadute, resistenti agli impatti a basse temperature.

In attesa di prove specifiche definite, valgono le prove descritte ai paragrafi 7.4, 7.5, 7.6 del progetto di norma europea "Attrezzature stradali - Segnali stradali portatili - coni e cilindri", riferimento pr EN 13422 ottobre 1998 e successive modifiche.

In particolare sono richiesti i seguenti requisiti:

a) Stabilità (rif. 7.4 del progetto di norma): dopo aver applicato una forza orizzontale pari a 6 N, il cono non dovrà subire alcun ribaltamento.

b) Resistenza all'impatto a basse temperature (rif. 7.5 del progetto di norma): raffreddato ad una temperatura di  $-25^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$  e colpito da una sfera di  $0,9 \pm 0,045 \text{ kg.}$ , il cono non dovrà subire alcun danneggiamento tipo fessurazioni della gomma e della pellicola.

Dopo la prova il cono dovrà ritornare nella sua forma originale.

c) Resistenza alla caduta (rif. 6.7 del progetto di norma): il cono, raffreddato a  $-18^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$  e lasciato cadere liberamente da un'altezza di  $1500 \pm 50 \text{ mm.}$ , non deve subire alcuna rottura o deformazione permanente sia nel cono che negli inserti retroriflettenti.

L'Impresa, ai sensi del D.lgs. 358/92 e del DPR 576/94, devono presentare all'Amministrazione, tutta la certificazione inerente il superamento dei requisiti sopra elencati.

#### **12.3.5. Occhi di gatto**

Dispositivi retroriflettenti integrativi dei segnali orizzontali in policarbonato o speciali resine dotati di corpo e parte rifrangente dello stesso colore della segnaletica orizzontale di cui costituiscono rafforzamento.

Ai sensi dell'art. 153 del Regolamento d'esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada, approvato con D.P.R. 495 del 16.12.92 e successive modifiche ed integrazioni, i dispositivi retroriflettenti integrativi quali gli occhi di gatto devono essere approvati dal Ministero dei lavori Pubblici.

Copia di tale approvazione, unitamente agli altri certificati richiesti, dovrà essere presentata dall'Impresa concorrente.

Dimensioni del corpo: come previste dal Regolamento art. 153.

Il suddetto dispositivo dovrà essere fissato al fondo stradale con idoneo adesivo secondo le prescrizioni della ditta produttrice.

Le caratteristiche tecniche dei dispositivi denominati "occhi di gatto" dovranno rispondere alla Norma Europea EN 1463-1; in particolare:

a) per uso permanente (EN1463-1)

- classificazione: tipo 3A

- proprietà fotometriche: classe PRP1, i valori fotometrici non dovranno essere inferiori a quelli previsti nella tabella 4 (tipo 3) per il colore bianco;

- colore: classe NCR1, i valori dovranno essere conformi a quelli previsti nella tabella 9.

b) per uso temporaneo (EN1463-1)

- classificazione: tipo 3A

- proprietà fotometriche: classe PRT1, i valori fotometrici non dovranno essere inferiori a quelli previsti nella tabella 6 (tipo 3) per il colore giallo e non inferiori a quelli previsti nella tabella 5 per gli altri colorati

- colore:

a) colore dell'inserto rifrangente => classe NCR1 e i valori dovranno essere conformi a quelli previsti nella Tab. 9;

b) colore del corpo => classe DCR1 e i valori dovranno essere conformi a quelli previsti nella tabella 10.

Oltre ai certificati relativi alle proprietà fotometriche e al colore, comprovanti la rispondenza ai valori previsti nella norma EN1463-1, l'Impresa deve presentare:

- omologazione del Ministero LL. PP. per i tipi rispondenti alla classificazione sopra descritta;
- certificato relativo alle prove di impatto;
- certificato relativo alle prove di penetrazione dell'acqua;
- certificato relativo alla resistenza alla temperatura;
- certificato relativo alla resistenza alla compressione.

I certificati di cui al presente articolo, qualora presentati in copia, dovranno essere identificati da parte della Ditta produttrice con una vidimazione rilasciata in originale alla Ditta concorrente sulla quale dovranno essere riportati gli estremi della Ditta stessa.

Tale vidimazione dovrà essere compiuta in data non anteriore a 30 giorni dalla data di scadenza di presentazione dell'offerta e recare un numero di individuazione.

La presentazione di documenti incompleti o insufficienti non rispondenti alle norme vigenti e a quelle particolari del presente capitolato, comporterà l'esclusione dall'appalto.

La fornitura da parte dell'Impresa di materiali diversi da quelli dichiarati, costituirà motivo di immediato annullamento del contratto con riserva di adottare ogni altro provvedimento più opportuno a tutela dell'interesse dell'Amministrazione.

### **12.3.6. Dispositivo per la riflettorizzazione degli alberi**

#### **12.3.6.1. Generalità**

Il dispositivo in oggetto consente di riflettorizzare l'ingombro degli alberi presenti a bordo strada in maniera permanente.

Per le strade a doppio senso di marcia, l'eventuale applicazione bifacciale del dispositivo riflettente deve prevedere i colori ROSSO e BIANCO, ovvero GIALLO sulle strade con senso unico di marcia.

Il sistema di fissaggio al fusto, realizzato esclusivamente tramite cinghie elastiche adattabili a misura, permetterà una totale compatibilità ambientale non interferendo con la crescita della pianta ovvero arrecando alcun tipo di danneggiamento.

Il dispositivo combina differenti mescole di gomma per assicurare la conformabilità del dispositivo e la elasticità necessaria al sistema di fissaggio.

Il supporto di forma rettangolare sarà dotato di fori in corrispondenza degli spigoli.

Il bloccaggio della cinghia elastico sarà garantito da apposite fascette in materiale plastico.

#### **12.3.6.2. Caratteristiche tecniche e dimensionali dei componenti**

- Il supporto, con dimensioni 200 x 250 mm., dovrà essere realizzato in gomma naturale di spessore 3 mm. Con durezza minima pari a 70 shore.

- La cinghia elastica in gomma dovrà avere un diametro di 6 mm., dovrà essere realizzata in gomma a struttura cellulare chiusa, che dovrà resistere a temperature da -30 gradi C a +85 gradi C con accorciamento/allungamento lineare inferiore al 5% dopo 22 ore ad una temperatura di 70 gradi.

- Le fascette per il bloccaggio dovranno essere di tipo per esterno.

- L'insero rifrangente montato sul supporto in gomma, di dimensioni 148 x 198 mm. sarà in classe 2 di cui al punto 23.11.1.3.2 (pellicole sperimentali).

Per ottenere un'efficienza ottimale dalla particolare applicazione del suddetto dispositivo, la pellicola retroriflettente dovrà possedere una grande angolarità superiore, come riportato nel Capitolo 4 del "Manuale Tecnico della Segnaletica Stradale" dell'ANAS redatto dal Gruppo Tecnico della Sicurezza Stradale e nella Tab. IV paragrafo 23.11.1.4.4 "Prescrizioni" delle presenti norme tecniche.

La suddetta pellicola retroriflettente, oltre a rispondere alle specifiche riportate nel capitolato tecnico, dovrà avere una resistenza all'abrasione ASTM 4060-84 con mole abrasiva e carico applicato di 500 g.  $\leq$  3,2 mg ed una resistenza ad imbutitura dinamica (urto) ASTM D 2794 - 93  $\geq$  85 Kg/cm.

### **12.4. SEGNALETICA ORIZZONTALE IN VERNICE**

#### **12.4.1. Generalità**

Le segnalazioni orizzontali saranno costituite da strisce longitudinali, strisce trasversali ed altri segni come indicato all'art. 40 del nuovo Codice della Strada ed all'art. 137 del Regolamento di attuazione.

La segnaletica orizzontale in vernice sarà eseguita con apposita attrezzatura traccialinee a spruzzo semovente.

I bordi delle strisce, linee arresto, zebature scritte, ecc., dovranno risultare nitidi e la superficie verniciata uniformemente coperta.

Le strisce orizzontali dovranno risultare perfettamente allineate con l'asse della strada.

#### **12.4.2. Prove ed accertamenti**

Le vernici che saranno adoperate per l'esecuzione della segnaletica orizzontale dovranno essere accompagnate da una dichiarazione delle caratteristiche dalla quale dovranno risultare, peso per litro a 25° C, il tempo di essiccazione, viscosità, percentuale di pigmento, percentuale di non volatile, peso di cromato di piombo o del biossido di titanio per altro di pittura gialla o bianca rispettivamente percentuale in peso delle sfere e percentuale di sfere rotonde, tipo di solvente da usarsi per diluire e quantità raccomandata l'applicazione della pittura e ogni altro requisito tecnico descritto nei precedenti articoli.

Le pitture acquistate dovranno soddisfare i requisiti esplicitamente elencati nel successivo paragrafo 3 ed essere conformi alla dichiarazione delle caratteristiche fornite al venditore entro le tolleranze appresso indicate.

Qualora la vernice non risulta conforme ad una o più caratteristiche richieste, l'Amministrazione, a suo insindacabile giudizio, potrà imporre al fornitore la sostituzione a sua cura e spese, comprese quelle di maneggiamento e trasporto con altra vernice idonea.

I contenitori prescelti per la prova dovranno risultare ermeticamente chiusi e dovranno essere etichettati con i dati necessari a identificare univocamente il campione.

Sull'etichetta si dovranno annotare i seguenti dati.

Descrizione;

Ditta produttrice;

Data di fabbricazione;

Numerosità e caratteristiche della partita;

Contrassegno;

Luogo del prelievo;

Data del prelievo;

Firme degli incaricati.

Per le varie caratteristiche sono ammesse le seguenti tolleranze massime, superanti le quali verrà rifiutata la vernice:

- viscosità: un intervallo di 5 unità Krebs rispetto al valore dichiarato dal venditore nella dichiarazione delle caratteristiche, il quale valore dovrà essere peraltro compreso entro limiti dell'articolo 23.13.3 paragrafo e).
- peso per litro: chilogrammi 0,03 in più od in meno di quanto indicato dall'articolo 23.13.3 del paragrafo a) ultimo capoverso.

Nessuna tolleranza è invece ammessa per i limiti indicati nell'articolo 23.13.3 per il tempo di essiccazione, la percentuale di sfere di vetro, il residuo volatile ed il contenuto di pigmento.

#### **12.4.3. Caratteristiche generali delle vernici**

La vernice da impiegare dovrà essere del tipo rifrangente premiscelato e cioè contenere sfere di vetro mescolato durante il processo di fabbricazione così che dopo l'essiccamento e successiva esposizione delle sfere di vetro dovute all'usura dello strato superficiale di vernice stessa sullo spartitraffico svolga effettivamente efficiente funzione di guida nelle ore notturne agli autoveicoli, sotto l'azione della luce dei fari. Per ottenere valori di retro riflessione RL maggiori di quelli normalmente rilevabili, si può procedere alla post spruzzatura delle perline aventi la stessa granulometria descritta al punto b) seguente.

a) Condizioni di stabilità

Per la vernice bianca il pigmento colorato sarà costituito da biossido di titanio con o senza aggiunta di zinco, per quella gialla da cromato di piombo.

Il liquido pertanto deve essere del tipo oleo - resinoso con parte resinosa sintetica; il fornitore dovrà indicare i solventi e gli essiccanti contenuti nella vernice.

La vernice dovrà essere omogenea, ben macinata e di consistenza liscia ed uniforme, non dovrà fare crosta né diventare gelatinosa od inspessirsi.

La vernice dovrà consentire la miscelazione nel recipiente contenitore senza difficoltà mediante l'uso di una spatola a dimostrare le caratteristiche desiderate, in ogni momento entro sei mesi dalla data di consegna.

La vernice non dovrà assorbire grassi, oli ed altre sostanze tali da causare la formazione di macchie di nessun tipo e la sua composizione chimica dovrà essere tale che, anche durante i mesi estivi, anche se applicata su pavimentazione bituminosa, non dovrà presentare traccia di inquinamento da sostanze bituminose.

Il potere coprente della vernice deve essere compreso tra 1,2 e 1,5 mq/kg. (ASTM D 1738); ed il peso suo specifico non dovrà essere inferiore a Kg. 1,50 per litro a 25° C (ASTM D 1473).

#### b) Caratteristiche delle sfere di vetro

Le sfere di vetro dovranno essere trasparenti, prive di lattiginosità e di bolle d'aria e, almeno per il 90% del peso totale dovranno avere forma sferica con esclusione di elementi ovali, e non dovranno essere saldate insieme.

L'indice di rifrazione non dovrà essere inferiore ad 1,50 determinato secondo il metodo indicato nella norma UNI 9394-89.

Le sfere non dovranno subire alcuna alterazione all'azione di soluzioni acide saponate a ph 5-5,3 e di soluzione normale di cloruro di calcio e di sodio. La percentuale in peso delle sfere contenute in ogni chilogrammo di vernice prescelta dovrà essere compresa tra il 30 ed il 40%.

Le sfere di vetro (premiscelato) dovranno soddisfare complessivamente alle seguenti caratteristiche granulometriche:

| Setaccio ASTM                           | % in peso |
|---|-----------|
| Perline passanti per il setaccio n. 70  | : 100%    |
| Perline passanti per il setaccio n. 140 | : 15-55%  |
| Perline passanti per il setaccio n. 230 | : 0-10%   |

#### c) Idoneità di applicazione

La vernice dovrà essere adatta per essere applicata sulla pavimentazione stradale con le normali macchine spruzzatrici e dovrà produrre una linea consistente e piena della larghezza richiesta.

Potrà essere consentita l'aggiunta di piccole quantità di diluente fino al massimo del 4% in peso.

#### d) Quantità di vernice da impiegare e tempo di essiccamento

La quantità di vernice, applicata a mezzo delle normali macchine spruzzatrici sulla superficie di una pavimentazione bituminosa, in condizioni normali, dovrà essere non inferiore a chilogrammi 0,100 per metro lineare di striscia larga centimetri 12 e di chilogrammi 1,00 per superfici variabili di mq. 1,3 e 1,4.

In conseguenza della diversa regolarità della pavimentazione ed alla temperatura dell'aria tra i 15° C e 40° C e umidità relativa non superiore al 70%, la vernice applicata dovrà asciugarsi sufficientemente entro 30-40 minuti dell'applicazione; trascorso tale periodo di tempo le vernici non dovranno staccarsi, deformarsi o scolorire sotto l'azione delle ruote gommate degli autoveicoli in transito.

Il tempo di essiccamento sarà anche controllato in laboratorio secondo le norme ASTM D/711-35.

#### e) Viscosità

La vernice nello stato in cui viene applicata, dovrà avere una consistenza tale da poter essere agevolmente spruzzata con la macchina traccialinee; tale consistenza, misurata allo stormer viscosimeter a 25° C espressa in umidità Krebs sarà compresa tra 70 e 90 (ASTM D 562).

#### f) Colore

La vernice dovrà essere conforme al bianco o al giallo richiesto.

La determinazione del colore sarà fatta in laboratorio dopo l'essiccamento della stessa per 24 ore.

La vernice non dovrà contenere alcuno elemento colorante organico e non dovrà scolorire al sole.



Quella bianca dovrà possedere un fattore di riflessione pari almeno al 75% relativo all'ossido di magnesio, accertata mediante opportuna attrezzatura.

Il colore dovrà conservare nel tempo, dopo l'applicazione, l'accertamento di tali conservazioni che potrà essere richiesto dalla Stazione Appaltante in qualunque tempo prima del collaudo e che potrà determinarsi con opportuni metodi di laboratorio.

g) Veicolo

Il residuo non volatile sarà compreso tra il 65% ed il 75% in peso sia per la vernice bianca che per quella gialla.

h) Contenuto di pigmenti

La pittura dovrà contenere pigmenti inorganici che abbiano una ottima stabilità all'azione dei raggi UV, una elevata resistenza agli agenti atmosferici e una limitata propensione all'assorbimento e alla ritenzione dello sporco.

I pigmenti contenuti nella pittura dovranno essere compresi tra il 35 ed il 45 % in peso (FTMS 141a-4021.1).

i) Contenuto di pigmenti nobili

Il contenuto di biossido di titanio (pittura bianca) non dovrà essere inferiore al 14% in peso e quello cromato di piombo (vernice gialla) non inferiore al 12% in peso.

l) Resistenza ai lubrificanti e carburanti

La pittura dovrà resistere all'azione lubrificante e carburante di ogni tipo e risultare insolubile ed inattaccabile alla loro azione.

m) Prova di rugosità su strada

Le prove di rugosità potranno essere eseguite su strade nuove in un periodo tra il 10<sup>a</sup> ed il 30<sup>a</sup> giorno dalla apertura del traffico stradale.

Le misure saranno effettuate con apparecchio Skid Tester ed il coefficiente ottenuto secondo le modalità d'uso previste dal R.D.L. inglese, non dovrà abbassarsi al di sotto del 75% di quello che presenta pavimentazioni non verniciate nelle immediate vicinanze della zona ricoperta con pitture; in ogni caso il valore assoluto non dovrà essere minore di 45 (quarantacinque).

## **12.5. SEGNALETICA ORIZZONTALE IN TERMOSPUNZATO PLASTICO (SPRAY PLASTIC)**

### **12.5.1. Generalità**

È fatto obbligo all'Impresa realizzatrice di certificare su quali arterie stradali il prodotto da adoperare è stato già applicato e con quale esito, soprattutto per quanto riguarda la durata e la antisdruciolevolezza in relazione al traffico ed allo spessore dello spruzzato termoplastico.

L'Impresa realizzatrice deve fornire, a sue spese, un certificato emesso dal produttore con il nome ed il tipo del materiale da adoperare, la composizione chimica ed altri elementi che possono essere richiesti dalla Direzione Lavori.

Il certificato deve essere autenticato dal rappresentante legale della Società produttrice.

La Direzione Lavori si riserva di prelevare campioni di spruzzato termoplastico, prima e dopo la stesura, per farli sottoporre alle prove che riterrà opportune, presso laboratori ufficiali, onde controllare le caratteristiche in precedenza indicate e richieste; le spese relative saranno a carico dell'Impresa realizzatrice.

### **12.5.2. Composizione del materiale**

Lo spruzzato termoplastico è costituito da una miscela di aggregati di colore chiaro, microsferi di vetro, pigmenti coloranti e sostanze inerti, legate insieme con resine sintetiche termoplastiche, plastificate con olio minerale.

La composizione del materiale, incluse le microsferi sovraspunzate, è - in peso - all'incirca la seguente:

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| aggregati                  | 40% |
| microsferi di vetro        | 20% |
| pigmenti e sostanze inerti | 20% |
| legante (resine e olio)    | 20% |

La proporzione dei vari ingredienti è tale che il prodotto finale, quando viene liquefatto, può essere spruzzato facilmente sulla superficie stradale realizzando una striscia uniforme di buona nitidezza.

Gli aggregati sono costituiti da sabbia bianca silicea, calcite frantumata, silice calcinata, quarzo ed altri aggregati chiari ritenuti idonei.

Le microsferi di vetro devono avere buona trasparenza - per almeno l'80% - ed essere regolari e prive di incrinature; il loro diametro deve essere compreso tra mm. 0,2 e mm. 0,8 (non più del 10% deve superare il setaccio di 420 micron).

Il pigmento colorante è costituito da biossido di titanio (color bianco) oppure da cromato di piombo (color giallo); il primo deve essere in percentuale non inferiore al 10% in peso rispetto al totale della miscela, mentre il secondo deve essere in percentuale non inferiore al 5% e deve possedere una sufficiente stabilità di colore quando viene riscaldato a 200° C. La sostanza inerte è costituita da carbonato di calcio ricavato dal gesso naturale.

Il contenuto totale dei pigmenti e della sostanza inerte deve essere compreso tra il 18% ed il 22% in peso rispetto al totale della miscela.

Il legante, costituito da resine sintetiche da idrocarburi, plastificate con olio minerale, non deve contenere più del 5% di sostanze acide.

Le resine impiegate dovranno essere di colore chiaro e non devono scurirsi eccessivamente se riscaldate per 16 ore alla temperatura di 150° C.

L'olio minerale usato come plastificante deve essere chiaro e con una viscosità di 0,5 + 35 poise a 25° C e non deve scurirsi eccessivamente se riscaldato per 16 ore alla temperatura di 150° C.

Il contenuto totale del legante deve essere compreso tra il 18% ed il 22% in peso rispetto al totale della miscela.

L'insieme degli aggregati, dei pigmenti e delle sostanze inerti, deve avere il seguente fuso granulometrico (analisi al setaccio):

Percentuale del passante in peso e quantità del prodotto impiegato

|                       | min.  | max.  |
|-----------------------|-------|-------|
|                       | ----- | ----- |
| setaccio 3.200 micron | 100   | -     |
| setaccio 1.200 micron | 85    | 95    |
| setaccio 300 micron   | 40    | 65    |
| setaccio 75 micron    | 25    | 35    |

Il peso specifico dello spruzzato termoplastico a 20° C deve essere circa 2,0 g/cm<sup>3</sup>.

Lo spessore della pellicola di spruzzato termoplastico deve essere di norma di mm. 1,5 con il corrispondente impiego di circa g/mq 3.500 di prodotto.

La percentuale in peso delle microsferi di vetro rispetto allo spruzzato termoplastico non deve essere inferiore al 12%, cioè a circa g/mq 400.

In aggiunta a quanto sopra, in fase di stesura dello spruzzato termoplastico, sarà effettuata una operazione supplementare di perlinaatura a spruzzo sulla superficie della striscia ancora calda, in ragione di circa g/mq 300 di microsferi di vetro.

Il risultato del suddetto impiego di microsferi di vetro dovrà essere tale da garantire che il coefficiente di luminosità abbia un valore non inferiore a 75.

Caratteristiche chimico-fisiche dello spruzzato:

a) Punto di infiammabilità: superiore a 230° C;

b) Punto di rammollimento o di rinvenimento: superiore a 80° C;

c) Peso specifico: a 20 gradi circa 2,0 g/cm<sup>3</sup>;

d) Antisdrucciolevolezza: (secondo le prove di aderenza con apparecchio SRT dell'Ente Federale della Circolazione Stradale Tedesca) valore minimo 50 unità SRT;

e) Resistenza alle escursioni termiche: da sotto 0° a + 80° C;

f) Resistenza della adesività: con qualsiasi condizione metereologica (temperatura – 25° C + 70° C), sotto l'influenza dei gas di scarico ed alla combinazione dei sali con acqua - concentrazione fino al 5% - sotto l'azione di carichi su ruota fino ad otto tonnellate;

g) Tempo di essiccazione: (secondo le Norme americane ASTM D711-55 punto 2.4) valore massimo 10";

h) Resistenza alla corrosione: il materiale deve rimanere inalterato se viene immerso in una soluzione di cloruro di calcio, a forte concentrazione, per un periodo di 4 settimane;

i) Visibilità notturna: (secondo il metodo di prova delle Norme inglesi "Road Markings, Traffic Signs and Signals - Art. 16.01 - Traffic Paint and Road Markings" - punto 1 e 11/d) il valore minimo del coefficiente deve essere di 75; il coefficiente è uguale a 100 per il carbonato di magnesio in blocco;

l) Resistenza all'usura: (secondo il metodo di prova delle Norme inglesi suddette - punto 11/a) la perdita di peso del campione dopo 200 giri delle ruote non deve eccedere g. 0,5;

m) Resistenza alla pressione ad alta temperatura: (secondo il metodo di prova delle Norme inglesi suddette – punto 11/b) dopo un'ora il peso di g. 100, dal diametro di mm. 24, non deve essere penetrato nel campione, ma aver lasciato soltanto una leggera impronta;

n) Resistenza all'urto a bassa temperatura: (secondo il metodo di prova delle Norme inglesi suddette – punto 11/c) dopo la prova d'urto il campione non deve rompersi, nè incrinarsi, se portato alla temperatura di –1° C.

### **12.5.3. Sistema di applicazione**

L'attrezzatura richiesta per effettuare la segnaletica orizzontale con spruzzato termoplastico è costituita da due autocarri, su uno dei quali viene effettuata la pre-fusione del materiale e sull'altro viene trasportata la macchina spruzzatrice, equipaggiata con un compressore capace di produrre un minimo di 2 mc di aria al minuto alla pressione di 7 Kg/cmq.

Un minimo di due pistole spruzzatrici per il termoplastico e due per le microsferi da sovraspruzzare devono essere disponibili ai bordi della macchina, in modo che strisce di larghezza compresa tra cm. 10 e cm. 30 possano essere ottenute con una passata unica e che due strisce continue parallele, oppure una continua ed una tratteggiata possano essere realizzate contemporaneamente.

Le due pistole per spruzzare il termoplastico devono essere scaldate in modo che la fuoruscita del materiale avvenga alla giusta temperatura, onde ottenere una striscia netta, diritta senza incrostazioni o macchie.

Le due pistole per le microsferi dovranno essere sincronizzate in modo tale da poter spruzzare immediatamente, sopra la striscia di termoplastico ancora calda, la quantità di microsferi di vetro indicata nel presente articolo.

La macchina spruzzatrice deve essere fornita di un selezionatore automatico che consenta la realizzazione delle strisce tratteggiate senza premarcatura ed alla normale velocità di applicazione dello spruzzato termoplastico.

Il Cottimista esecutore provvederà anche alle attrezzature adeguate ed alla manodopera specializzata per eseguire la spruzzatura a mano di frecce, scritte, ecc.

Lo spruzzato termoplastico sarà applicato alla temperatura di 200° C circa sul manto stradale asciutto ed accuratamente pulito anche da vecchia segnaletica orizzontale.

Lo spessore delle strisce e delle zebraure deve essere di norma di mm. 1,5, mentre lo spessore delle frecce e delle scritte deve essere di norma di mm. 2,5.

La Direzione Lavori potrà diminuire gli spessori indicati fino ai limiti qui appresso indicati:

- per le strisce, preferibilmente per la striscia gialla di margine, fino ad un minimo di mm. 1,2;

- per le zebraure fino ad un minimo di mm. 1,2;

per le frecce e le scritte fino ad un minimo di mm. 2,0.

### **12.6. SEGNALETICA ORIZZONTALE PERMANENTE MATERIALI PREFORMATI RETRORIFRANGENTI**

La segnaletica orizzontale realizzata in preformato retro rifrangente dovrà attenersi alla normativa di cui all'art. 40 del D.lgs. n. 285 del 30.04.1992 e del suo regolamento di esecuzione approvato con D.P.R. n. 495 del 16.12.1992, in particolare dall'art. 137 all'art. 155 come modificato dal D.P.R. n. 610 del 16-9-1996.

Il materiale in oggetto dovrà essere costituito da un laminato elastoplastico autoadesivo con polimeri di alta qualità, contenente una dispersione di microgranuli ad alto potere antisdrucchiolo e di microsferi in vetro "TIPO

A" o in ceramica "TIPO B e C" (o equivalente) con caratteristiche in rifrazione tali da conferire al laminato stesso un alto e continuato potere retroriflettente.

Per garantire una buona stabilità del colore ed un ancoraggio ottimale delle microsferi, il prodotto dovrà essere trattato in superficie con una speciale resina.

Il laminato elastoplastico autoadesivo potrà essere posto in opera ad incasso su pavimentazioni nuove, nel corso della stesura del manto bituminoso, o su pavimentazioni già esistenti mediante uno speciale "Primer", da applicare solamente sul manto d'asfalto.

Il laminato dovrà inoltre essere in grado di conformarsi perfettamente alla pavimentazione stradale attraverso l'azione del traffico, ed essere, dopo l'applicazione, immediatamente transitabile.

Il laminato potrà essere utilizzato per la realizzazione di segnalamenti orizzontali longitudinali, simboli e iscrizioni di ogni tipologia.

Il materiale dovrà rispondere inoltre ai seguenti requisiti:

TIPO A (fasce di arresto, zebraure, scritte)

- Antisdrucciolo

Il valore iniziale, con materiale bagnato, è di almeno 45 SRT (British Portable Skid Resistance Tester).

- Rifrangenza

I laminati per segnaletica orizzontale dovranno avere i seguenti valori minimi iniziali di retro riflettenza RL espressi in millicandele per metro quadrato per lux di luce incidente (mcd/mq x lux).

COLORE BIANCO

- angolo di osservazione di 4,5°;
- angolo di illuminazione di 3,5°;
- retro riflettenza RL di 300 mcd/mq x lux.

I valori indicati sono del tipo Ecolux ma si potranno adottare anche i requisiti CEN derivanti dalla norma UNI EN 1436, la quale prescrive per:

- angolo di osservazione di 2,29°;
- angolo di illuminazione di 1,24°.

TIPO B (strisce longitudinali)

- Antisdrucciolo

Il valore iniziale, con materiale bagnato, è di almeno 50 SRT (British Portable Skid Resistance Tester).

- Rifrangente

I laminati per segnaletica orizzontale dovranno avere i seguenti valori minimi iniziali di retro riflettenza RL espressi in millicandele per metro quadrato per lux di luce incidente (mcd/mq x lux).

COLORE BIANCO

- angolo di osservazione di 4,5°;
- angolo di illuminazione di 3,5°;
- retro riflettenza RL di 500 mcd/mq x lux.

I valori indicati sono del tipo Ecolux ma si potranno adottare anche i requisiti CEN derivanti dalla norma UNI EN 1436, la quale prescrive per:

- angolo di osservazione di 2,29°;
- angolo di illuminazione di 1,24°.

Per garantire una durata non inferiore a quella prevista dal presente capitolato, le microsferi dovranno essere del tipo resistente alle sollecitazioni di corrosione, graffiatura e frantumazione (tipo ceramica), e dovranno avere un indice di rifrazione superiore a 1,7 .

TIPO A e B

L'Impresa aggiudicataria, verificatane l'applicazione secondo le raccomandazioni prescritte, dovrà impegnarsi a garantirne la durata che, in normali condizioni di traffico, dovrà essere non inferiore a 2 anni su tutti i tipi di

pavimentazione, ad esclusione porfido, purché si presentino in buono stato di conservazione, con un valore fotometrico per il colore bianco non inferiore a 100 mcd/mq x lux (Tipo A) e 150 mcd/mq x lux (Tipo B).

Qualora il materiale applicato dovesse deteriorarsi prima del termine suddetto, l'Impresa aggiudicataria è tenuta al ripristino della segnaletica orizzontale nelle condizioni prescritte dal presente Capitolato.

TIPO C (strisce longitudinali, scritte e frecce Autostradali)

Il materiale in oggetto dovrà essere costituito da un laminato elastoplastico autoadesivo con polimeri di alta qualità, contenente una dispersione di microgranuli di speciale materiale ad alto potere antisdrucchiolo e di microsferi tipo ceramica ad alto indice di rifrazione con caratteristiche tali da conferire al laminato stesso un alto potere retroriflettente.

Il prodotto dovrà presentare un'architettura con elementi in rilievo, in cui le microsferi tipo ceramica o equivalente e le particelle antiscivolo risultano immerse in una resina poliuretana di altissima resistenza all'usura ed ad alto grado di bianco.

Il presente laminato deve essere utilizzato per la realizzazione di segnalamenti orizzontali longitudinali, simboli e iscrizioni di ogni tipologia.

Il materiale dovrà rispondere inoltre ai seguenti requisiti:

- Rifrangenza

I laminati per segnaletica orizzontale dovranno avere i seguenti valori minimi iniziali di retro riflettenza RL espressi in millicandele per metro quadrato per lux di luce incidente (mcd/mq x lux).

COLORE BIANCO

- angolo di osservazione di 4,5°;
- angolo di illuminazione di 3,5°;
- retro riflettenza RL di 700 mcd/mq x lux.

I valori indicati sono del tipo Ecolux ma si potranno adottare anche i requisiti CEN derivanti dalla norma UNI EN 1436, la quale prescrive per:

- angolo di osservazione di 2,29°;
- angolo di illuminazione di 1,24°.

La particolare configurazione del laminato e lo specifico posizionamento delle microsferi in ceramica o equivalente ad alto indice devono consentire al prodotto stesso un'ottima visibilità notturna anche in condizione di pioggia. Le microsferi tipo ceramica ancorate alla resina poliuretana dovranno avere un indice di rifrazione superiore ad 1,7.

Le microsferi in vetro presenti all'interno del prodotto dovranno avere un indice di rifrazione di 1,5.

- Antiscivolosità

Il valore minimo di antiscivolosità dovrà essere di almeno 55 SRT (British Portable SKid Resistance Tester).

L'Impresa aggiudicataria, verificatane l'applicazione secondo le raccomandazioni prescritte, dovrà impegnarsi a garantirne la durata che, in normali condizioni di traffico, dovranno essere non inferiore a 4 anni, nel caso in cui venga applicato a caldo durante la stesura del manto bituminoso e 2 anni su tutti i tipi di pavimentazione, ad esclusione porfido, purché si presentino in buono stato di conservazione, con un valore fotometrico non inferiore a 150 mcd/mq x lux.

Qualora il materiale applicato dovesse deteriorarsi prima del termine suddetto, la Ditta aggiudicataria è tenuta al ripristino della segnaletica orizzontale nelle condizioni prescritte dal presente Capitolato. La Ditta produttrice del suddetto materiale (TIPO A,B,C) dovrà essere in possesso del sistema di qualità secondo le norme UNI EN 9000.

#### **12.7. GARANZIE SUI PREFORMATI RETRORIFRANGENTI**

Ai sensi dell'art. 14 lettera E del D.lgs. 358/2 così come espresso dal D.P.R. 573/94 e della circolare Ministero LL.PP. 16-5-1997 n. 2353 per garantire le caratteristiche richieste dal presente Capitolato, dovrà essere presentato:

- certificato attestante che il preformato retro rifrangente è prodotto da Azienda in possesso del sistema di qualità secondo le norme UNI EN 9000 "TIPO A, B e C";
- certificato comprovante la presenza di microsferi tipo ceramica "TIPO B e C" (o equivalente);

- certificato comprovante il valore di rifrangenza "TIPO A, B e C";
- certificato comprovante il valore di antiscivolosità "TIPO A, B e C";

#### **12.8. SEGNALETICA ORIZZONTALE TEMPORANEA MATERIALI PREFORMATI RETRORIFRANGENTI**

Il materiale in oggetto sarà costituito da un laminato elastoplastico autoadesivo, rimovibile per utilizzo temporaneo con polimeri di alta qualità, contenente una dispersione di microgranuli di speciale materiale ad elevato potere antisdrucchiolo e di microsferi ad alto indice di rifrazione tale da conferire al laminato stesso ottime proprietà retroriflettenti.

La resina poliuretana, presente nella parte superiore del prodotto, dovrà assicurare un perfetto e durevole ancoraggio delle microsferi e delle particelle antiscivolo.

Il laminato dovrà contenere al suo interno uno speciale tessuto reticolare in poliestere che assicura un'elevata resistenza alla spinta torsionale esercitata dai veicoli, soprattutto, una facile e perfetta rimovibilità del laminato dalla pavimentazione. Il colore giallo sarà ottenuto utilizzando esclusivamente pigmenti organici.

Detto laminato dovrà risultare quindi sia riciclabile che distruttibile come rifiuto atossico; conforme alle normative europee sull'ambiente, considerato "prodotto non inquinante".

L'adesivo posto sul retro del preformato dovrà permettere una facile e rapida applicazione del prodotto pur garantendone la non alterazione anche sotto elevati volumi di traffico.

Appena applicato, il laminato è immediatamente transitabile.

Il laminato oggetto della presente specifica dovrà avere i seguenti valori minimi iniziali di retro riflettenza RL espressi in millicandele per metro quadrato per lux di luce incidente (mcd/mq x lux):

- retro riflettenza                      600 mcd/lux x mq (geometria Ecolux)
- antiscivolosità                      55 SRT
- spessore                              1,5 mm

I valori indicati sono del tipo Ecolux ma si potranno adottare anche i requisiti CEN derivanti dalla norma UNI EN 1436.

Per il suddetto materiale dovranno essere presentati certificati di antiscivolosità, rifrangenza di cui al presente Capitolato attestanti che il prodotto elastoplastico è prodotto da azienda in possesso del sistema di qualità secondo le norme UNI EN 9000.

## **13. OPERE AMBIENTALI**

### **13.1. SOPRALLUOGHI ED ACCERTAMENTI PRELIMINARI**

Prima di presentare l'offerta per l'esecuzione dei lavori in oggetto, l'Impresa dovrà ispezionare i luoghi per prendere visione delle condizioni di lavoro e dovrà assumere tutte le informazioni necessarie in merito alle opere da realizzare (con particolare riguardo alle dimensioni, alle caratteristiche specifiche e alle eventuali connessioni con altri lavori di costruzione, movimenti di terra e sistemazione ambientale in genere), alla quantità, alla utilizzabilità e alla effettiva disponibilità di acqua per l'irrigazione e la manutenzione.

Di questi accertamenti e ricognizioni l'Impresa è tenuta a dare, in sede di offerta, esplicita dichiarazione scritta: non saranno pertanto presi in considerazione reclami per eventuali equivoci sia sulla natura del lavoro da eseguire che sul tipo di materiali da fornire.

La presentazione dell'offerta implica l'accettazione da parte dell'Impresa di ogni condizione riportata nelle presenti specifiche o risultante dagli elaborati di progetto allegati.

### **13.2. CONSERVAZIONE E RECUPERO DELLE PIANTE ESISTENTI NELLA ZONA**

Tutta la vegetazione esistente indicata in progetto per restare in loco e quella eventualmente individuata dalla Direzione Lavori in corso d'opera dovrà essere protetta adeguatamente da ogni danneggiamento.

Pertanto, l'Impresa dovrà usare la massima cautela nell'eseguire le prescrizioni della Direzione Lavori ogni volta che si troverà a operare nei pressi delle piante esistenti.

Nell'eventualità di dover trapiantare piante esistenti nel cantiere o sul luogo della sistemazione, la Direzione Lavori si riserva la facoltà di far eseguire, secondo tempi e modi da concordare, la preparazione delle piante stesse.

### **13.3. ACCANTONAMENTO DEL TERRENO VEGETALE**

L'Impresa è tenuta a provvedere alla rimozione e accantonamento degli strati fertili del suolo (vedi schede tecniche) destinati ad essere riutilizzati nelle zone interessate dai lavori stessi.

Per esempio: le zone limitrofe alla sede stradale, le aree di cantiere, le piste di servizio, ecc. I luoghi e le modalità attuative di tale operazione saranno indicate dalla Direzione Lavori.

### **13.4. APPROVVIGIONAMENTO D'ACQUA**

L'Impresa è tenuta ad approvvigionare la zona dell'acqua necessaria all'innaffiamento delle essenze anche per il periodo di manutenzione, oltre a quello di garanzia.

Le modalità saranno di volta in volta concordate con la committenza e la Direzione Lavori secondo le diverse situazioni e necessità.

### **13.5. PULIZIA DELL'AREA DI CANTIERE**

A mano a mano che procedono i lavori di sistemazione e le operazioni di piantagione, l'Impresa, per mantenere il luogo più in ordine possibile, è tenuta a rimuovere tempestivamente tutti i residui di lavorazione (es. frammenti di pietre e mattoni, spezzoni di filo metallico, di cordame e di canapa, contenitori, ecc.) e gli utensili non utilizzati.

I residui di cui sopra dovranno essere allontanati e portati dal cantiere alla discarica pubblica o su altre aree indicate dalla Direzione Lavori.

Alla fine dei lavori tutte le aree e gli altri manufatti che siano stati in qualche modo imbrattati dovranno essere accuratamente ripuliti.

### **13.6. GARANZIA DI ATTECCHIMENTO**

L'Impresa si impegna a fornire una garanzia di attecchimento del 100% di tutte le piante.

L'attecchimento si intende avvenuto quando, al termine di 180 giorni a decorrere dall'inizio della prima vegetazione successiva alla messa a dimora, le piante si presentano sane e in buono stato vegetativo. Nel caso il progetto e l'Elenco prezzi contemplino la manutenzione dell'impianto, la garanzia di attecchimento vale per tutta la durata della manutenzione stessa. L'avvenuto attecchimento deve essere verbalizzato in contraddittorio fra la Direzione Lavori e l'Impresa entro 10 giorni dalla scadenza del periodo come sopra definito.

L'Impresa è tenuta ad una sola sostituzione delle piante non attecchite.



Eventuali ulteriori sostituzioni di piante, già sostituite una volta, dovranno essere oggetto di nuovi accordi fra le parti.

### **13.7. GARANZIA PER I TAPPETI ERBOSI**

L'Impresa si impegna a realizzare tappeti erbosi rispondenti alle caratteristiche previste dal progetto e a garantirne la conformità al momento dell'ultimazione dei lavori.

In ogni modo l'Impresa dovrà fornire una superficie verde compatta; a tal fine saranno previste le opportune risemine.

### **13.8. RESPONSABILITÀ DELL'IMPRESA NEL CORSO DEI LAVORI**

L'Impresa è responsabile di ogni danno causato a terzi ed è tenuta, senza alcun rimborso, a ripristinare i manufatti, le aree, le attrezzature, gli impianti, le piantagioni ed i tappeti erbosi danneggiati nel corso dei lavori, salvo i casi di vandalismo riconosciuti dalle parti.

### **13.9. MATERIALI**

Tutto il materiale impiantistico (es. irrigatori), il materiale agrario (es. terra di coltivo, concimi, torba, ecc.) ed il materiale vegetale (es. alberi, arbusti, tappezzanti, sementi, ecc.) occorrente per la sistemazione ambientale dovrà essere della migliore qualità, senza difetti e in ogni caso con qualità e pregi uguali o superiori a quanto è prescritto nel presente elaborato, dal progetto e dalla normativa vigente. S'intende che la provenienza sarà liberamente scelta dall'Impresa purché, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, i materiali siano riconosciuti accettabili. L'Impresa è tenuta a notificare, in tempo utile, alla Direzione Lavori la provenienza dei materiali per il regolare prelievo dei relativi campioni.

L'Impresa dovrà sostituire a sua cura e spese, con altre corrispondenti ai requisiti concordati, le eventuali partite non ritenute conformi dalla Direzione Lavori.

L'Impresa fornirà tutto il materiale (impiantistico, agrario e vegetale) indicato negli elenchi e riportato nei disegni allegati, nelle quantità necessarie alla realizzazione della sistemazione.

### **13.10. MATERIALE AGRARIO**

Per "materiale agrario" si intende tutto il materiale usato negli specifici lavori di agricoltura, vivaismo e giardinaggio (es. terreni e substrati di coltivazione, concimi, fitofarmaci, tutori, ecc.), necessario alla messa a dimora, cura e manutenzione delle piante occorrenti per la sistemazione.

#### **13.10.1. Terra di coltivo e riportata**

L'Impresa prima di effettuare il riporto di terra di coltivo dovrà accertarne la qualità per sottoporla all'approvazione della Direzione Lavori.

L'Impresa dovrà disporre a proprie spese l'esecuzione delle analisi di laboratorio, per ogni tipo di suolo. Le analisi dovranno essere eseguite, salvo quanto diversamente disposto dal presente elaborato, secondo i metodi ed i parametri normalizzati di analisi del suolo.

La terra di coltivo riportata dovrà essere priva di pietre, tronchi, rami, radici e loro parti, che possano ostacolare le lavorazioni agronomiche del terreno dopo la posa in opera.

La quantità di scheletro con diametro maggiore di mm. 2,0 non dovrà eccedere il 25% del volume totale.

L'Impresa dovrà sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori l'impiego di terra le cui analisi abbiano oltrepassato i valori tipici. La terra di coltivo dovrà essere priva di agenti patogeni e di sostanze tossiche per le piante, a giudizio della Direzione Lavori.

#### **13.10.2. Substrati di coltivazione**

Con "substrati di coltivazione" si intendono materiali di origine minerale e/o vegetale utilizzati singolarmente o miscelati in proporzioni note per impieghi particolari e per ottenere un ambiente di crescita adatto alle diverse specie che si vogliono mettere a dimora.

Per i substrati imballati le confezioni dovranno riportare quantità, tipo e caratteristiche del contenuto.

I substrati, una volta pronti per l'impiego, dovranno essere omogenei ed i componenti distribuiti in proporzioni costanti all'interno della loro massa.

#### **13.10.3. Concimi minerali ed organici**

I concimi minerali, organici e misti da impiegare dovranno avere titolo dichiarato secondo le vigenti disposizioni di legge ed essere forniti nell'involucro originale della fabbrica, fatta esclusione per i letami, per i quali saranno valutate di volta in volta qualità e provenienza.

La Direzione Lavori di riserva il diritto di indicare con maggior precisione, scegliendoli di volta in volta in base alle analisi di laboratorio sul terreno e sui concimi e alle condizioni delle piante durante la messa a dimora ed il periodo di manutenzione, quale tipo di concime dovrà essere utilizzato.

#### **13.10.4. Ammendanti e correttivi**

Con "ammendanti" si intendono quelle sostanze sotto forma di composti naturali o di sintesi in grado di modificare le caratteristiche fisiche del terreno. Con "correttivi" si intendono quei prodotti chimici, minerali organici o biologici capaci di modificare le caratteristiche chimiche del terreno.

#### **13.10.5. Pacciamature**

Con "pacciamatura" si intende una copertura del terreno a scopi diversi (es. controllo infestanti, limitazione dell'evaporazione, ecc.).

I materiali per pacciamatura comprendono prodotti di origine naturale o di sintesi e dovranno essere forniti (quando si tratti di prodotti confezionabili) in accordo con la Direzione Lavori, nei contenitori originali con dichiarazione della quantità, del contenuto e dei componenti.

Per i prodotti da pacciamatura forniti sfusi, la Direzione Lavori si riserva la facoltà di valutare di volta in volta qualità e provenienza.

#### **13.10.6. Fitofarmaci**

I fitofarmaci da usare (es. anticrittogamici, insetticidi, diserbanti, antitraspiranti, mastice per dendrochirurgia, ecc.) dovranno essere forniti nei contenitori originali e sigillati dalla fabbrica, con l'indicazione della composizione e della classe di tossicità, secondo la normativa vigente.

#### **13.10.7. Pali di sostegno, ancoraggi e legature**

Per fissare al suolo gli alberi e gli arbusti di rilevanti dimensioni, l'Impresa dovrà fornire pali di sostegno (tutori) adeguati per numero, diametro ed altezza alle dimensioni delle piante.

I tutori dovranno essere in legno, diritti, scortecciati, appuntiti dalla parte della estremità di maggiore diametro. La parte appuntita dovrà essere resa imputrescibile per un'altezza di cm. 100 circa, in alternativa, su autorizzazione della Direzione Lavori, si potrà fare uso di pali in legno industrialmente preimpregnati di sostanze imputrescibili.

Analoghe caratteristiche di imputrescibilità dovranno avere anche i picchetti di legno per l'eventuale bloccaggio a terra dei tutori.

Le legature dovranno rendere solidali le piante ai pali di sostegno e agli ancoraggi, pur consentendone l'eventuale assestamento; al fine di non provocare strozzature al tronco, dovranno essere realizzate per mezzo di collari speciali o adatto materiale elastico (es. cinture di gomma, nastri di plastica, ecc.) oppure, in subordine, con corda di canapa (mai filo di ferro o altro materiale inestensibile). Per evitare danni alla corteccia, potrà essere necessario interporre fra tutore e tronco un cuscinetto antifrizione di adatto materiale (vedi schede tecniche)

#### **13.10.8. Drenaggi e materiali antierosione**

I materiali da impiegare per la realizzazione di drenaggi e opere antierosione dovranno corrispondere a quanto indicato in progetto e, per quelli forniti in confezione, essere consegnati nei loro imballi originali, attestanti quantità e caratteristiche del contenuto (es. resistenza, composizione chimica, requisiti idraulici e fisici, durata, ecc.) per essere approvati dalla Direzione Lavori prima del loro impiego. Per i prodotti non confezionati la Direzione Lavori ne verificherà di volta in volta qualità e provenienza (vedi schede tecniche).

### **13.10.9. Acqua**

L'acqua da utilizzare per l'innaffiamento e la manutenzione non dovrà contenere sostanze inquinanti e sali nocivi oltre i limiti di tolleranza di fitotossicità relativa.

L'Impresa, se le sarà consentito di approvvigionarsi da fonti del Committente, sarà tenuta, su richiesta della Direzione Lavori, a verificare periodicamente, per mezzo di analisi effettuate secondo le procedure normalizzate, la qualità dell'acqua da utilizzare ed a segnalare le eventuali alterazioni riscontrate.

### **13.11. MATERIALE VEGETALE**

Per "materiale vegetale" si intende tutto il materiale vivo (alberi, arbusti, tappezzanti, sementi, ecc.) occorrente per l'esecuzione del lavoro.

Questo materiale dovrà provenire da ditte appositamente autorizzate ai sensi delle leggi 18.6.1031 n. 987 e 22.5.1973 n. 269 e successive modificazioni e integrazioni. L'Impresa dovrà dichiararne la provenienza alla Direzione Lavori.

La Direzione Lavori si riserva comunque la facoltà di effettuare, contestualmente all'Impresa appaltatrice, visite ai vivai di provenienza allo scopo di scegliere le piante; si riserva quindi la facoltà di scartare quelle non rispondenti alle caratteristiche indicate nel presente elaborato, nell'Elenco prezzi e negli elaborati di progetto in quanto non conformi ai requisiti fisiologici e fitosanitari che garantiscano la buona riuscita dell'impianto, o che non ritenga comunque adatte alla sistemazione da realizzare.

L'Impresa sotto la sua piena responsabilità potrà utilizzare piante non provenienti da vivaio e/o di particolare valore estetico unicamente se indicate in progetto e/o accettate dalla Direzione Lavori.

Le piante dovranno essere etichettate singolarmente o per gruppi omogenei per mezzo di cartellini di materiale resistente alle intemperie sui quali sia stata riportata, in modo leggibile ed indelebile, la denominazione botanica (genere, specie, varietà, cultivar) del gruppo a cui si riferiscono.

Le caratteristiche con le quali le piante dovranno essere fornite (densità e forma della chioma, presenza e numero di ramificazioni, sistema di preparazione dell'apparato radicale, ecc.) sono precisate nelle specifiche allegate al progetto o indicate nell'Elenco prezzi e nelle successive voci particolari.

L'Impresa dovrà far pervenire alla Direzione Lavori, con almeno 48 ore di anticipo, comunicazione scritta della data in cui le piante verranno consegnate sul cantiere.

Una volta giunte a destinazione, tutte le piante dovranno essere trattate in modo che sia evitato loro ogni danno; il tempo intercorrente tra il prelievo in vivaio e la messa a dimora definitiva (o la sistemazione in vivaio provvisorio) dovrà essere il più breve possibile.

In particolare, l'Impresa curerà che le zolle e le radici delle piante che non possono essere messe immediatamente a dimora non subiscano ustioni e mantengano il tenore di umidità adeguato alla loro buona conservazione.

#### **13.11.1. Alberi**

Gli alberi dovranno presentare portamento e dimensioni rispondenti alle caratteristiche richieste dal progetto e tipiche della specie, della varietà e della età al momento della loro messa a dimora.

Il fusto e le branche principali dovranno essere esenti da deformazioni, capitozzature, ferite di qualsiasi origine e tipo, grosse cicatrici o segni conseguenti ad urti, grandine, scortecciamenti, legature, cause meccaniche in genere, attacchi di insetti e malattie crittogamiche o da virus.

La chioma, salvo quanto diversamente richiesto, dovrà essere ben ramificata, uniforme ed equilibrata per simmetria e distribuzione delle branche principali e secondarie all'interno della stessa.

L'apparato radicale dovrà presentarsi ben accettato, ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari fresche e sane e privo di tagli di diametro maggiore di un centimetro.

Gli alberi dovranno essere normalmente forniti in contenitore o in zolla: a seconda delle esigenze tecniche o della richiesta potranno essere eventualmente consegnati a radice nuda soltanto quelli a foglia decidua, purché di giovane età e di limitate dimensioni.

Le zolle ed in contenitori (vasi, mastelli di legno o di plastica, ecc.) dovranno essere proporzionati alle dimensioni delle piante.

Per gli alberi forniti con zolla o in contenitore la terra dovrà essere compatta, ben aderente alle radici, senza crepe evidenti con struttura e tessitura tali da non determinare condizioni di asfissia.

Le piante in contenitore dovranno essere adeguatamente rinvasate in modo da non presentare un apparato radicale eccessivamente sviluppato lungo la superficie del contenitore stesso.

Le zolle dovranno essere ben imballate con un apposito involucro degradabile (juta, paglia, teli, reti di ferro non zincato, ecc.) rinforzato, se le piante superano i 5 metri di altezza, con rete metallica degradabile, oppure realizzato con pellicola plastica porosa o altri materiali equivalenti.

Gli alberi dovranno corrispondere alle richieste del progetto e dell'Elenco prezzi secondo quanto segue:

- altezza dell'albero: distanza che intercorre fra il colletto e il punto più alto della chioma;
- altezza di impalcatura: distanza intercorrente fra il colletto e il punto di inserzione al fusto della branca principale più vicina;
- circonferenza del fusto: misurata ad un metro dal colletto (non saranno ammesse sottomisure salvo accettazione della Direzione Lavori; vedi schede tecniche)

#### **13.11.2. Arbusti e cespugli**

Arbusti e cespugli, qualunque siano le loro caratteristiche specifiche (a foglia decidua o sempreverdi), anche se riprodotti per via agamica, non dovranno avere portamento "filato", dovranno avere un minimo di tre ramificazioni alla base e presentarsi dell'altezza prescritta in progetto o in Elenco prezzi, proporzionata al diametro della chioma e a quella del fusto.

Anche per arbusti e cespugli l'"altezza totale" verrà rilevata analogamente a quella degli alberi (vedi schede tecniche).

Tutti gli arbusti ed i cespugli dovranno essere forniti in contenitore o in zolla; a seconda delle esigenze tecniche e della richiesta potranno eventualmente essere consegnati a radice nuda soltanto quelli a foglia decidua, purché di giovane età e di limitate proporzioni.

Il loro apparato radicale dovrà essere ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari. Per le indicazioni riguardanti l'apparato radicale, l'imballo delle zolle, la terra delle zolle e dei contenitori vale quanto esposto nel precedente articolo a proposito degli alberi.

#### **13.11.3. Piante esemplari**

Per "piante esemplari" si intendono alberi, arbusti e cespugli di grandi dimensioni nell'ambito della propria specie con particolare valore ornamentale per forma e portamento.

Queste piante dovranno essere preparate per la messa a dimora. Le piante esemplari sono riportate in Elenco prezzi distinguendole dalle altre della stessa specie e varietà.

#### **13.11.4. Piante tappezzanti**

Le piante tappezzanti dovranno avere portamento basso e/o strisciante e buona capacità di copertura, garantita da ramificazioni uniformi.

Dovranno essere sempre fornite in contenitore con le radici pienamente compenstrate nel substrato di coltura, senza fuoriuscire dal contenitore stesso.

#### **13.11.5. Piante rampicanti, sarmentose, ricadenti**

Le piante appartenenti a queste categorie dovranno avere almeno due forti getti, essere dell'altezza richiesta (dal colletto all'apice vegetativo più lungo) ed essere sempre fornite in zolla o in contenitore secondo quanto prescritto nell'art. 11.1.

### **13.12. PULIZIA GENERALE DEL TERRENO**

L'area oggetto della sistemazione viene di norma consegnata all'Impresa con il terreno a quota di impianto. Qualora il terreno all'atto della consegna non fosse idoneo alla realizzazione dell'opera per la presenza di materiale di risulta o di discarica abusiva, i preliminari lavori di pulitura del terreno saranno eseguiti in base all'Elenco prezzi e in accordo con la Direzione Lavori.

### **13.13. LAVORAZIONI PRELIMINARI**

L'Impresa, prima di procedere alla lavorazione del terreno, deve provvedere come da progetto all'abbattimento delle piante da non conservare, al decespugliamento, alla eliminazione delle specie infestanti e ritenute a giudizio della Direzione Lavori non conformi alle esigenze della sistemazione, all'estirpazione delle ceppaie e allo spietramento superficiale.

Queste operazioni saranno da computarsi in base all'Elenco prezzi.

### **13.14. LAVORAZIONE DEL SUOLO**

Su indicazione della Direzione Lavori, l'Impresa dovrà procedere alla lavorazione del terreno fino alla profondità necessaria preferibilmente eseguita con l'impiego di mezzi meccanici ed attrezzi specifici a seconda della lavorazione prevista dagli elaborati di progetto.

Le lavorazioni saranno eseguite nei periodi idonei, con il terreno "in tempera", evitando di danneggiarne la struttura e di formare "suole di lavorazione".

Nel corso di questa operazione l'Impresa dovrà rimuovere tutti i sassi, le pietre e gli eventuali ostacoli sotterranei che potrebbero impedire la corretta esecuzione dei lavori, provvedendo anche, su indicazioni della Direzione Lavori, ad accantonare e conservare le preesistenze naturali di particolare valore estetico (es. rocce, massi, ecc.) o gli altri materiali che possano essere vantaggiosamente riutilizzati nella sistemazione.

Nel caso si dovesse imbattere in ostacoli naturali di rilevanti dimensioni che presentino difficoltà ad essere rimossi, oppure manufatti sotterranei di qualsiasi natura di cui si ignori l'esistenza (es. cavi, fognature, tubature, reperti archeologici, ecc.), l'Impresa dovrà interrompere i lavori e chiedere istruzioni specifiche alla Direzione Lavori.

Ogni danno conseguente alla mancata osservanza di questa norma dovrà essere riparato o risarcito a cura e spese dell'Impresa.

### **13.15. DRENAGGI LOCALIZZATI E IMPIANTI TECNICI**

Successivamente alle lavorazioni del terreno e prima delle operazioni di cui all'art. 16, l'Impresa dovrà preparare, sulla scorta degli elaborati e delle indicazioni della Direzione Lavori, gli scavi necessari alla installazione degli eventuali sistemi di drenaggio e le trincee per alloggiare le tubazioni ed i cavi degli impianti tecnici (es. irrigazione, illuminazione, ecc.) le cui linee debbano seguire percorsi sotterranei.

Le canalizzazioni degli impianti tecnici, al fine di consentire la regolare manutenzione della sistemazione, dovranno essere installate ad una profondità che garantisca uno spessore minimo di 40 cm. di terreno e, per agevolare gli eventuali futuri interventi di riparazione, essere convenientemente protette e segnalate (vedi schede tecniche).

### **13.16. CORREZIONE, AMMENDAMENTO E CONCIMAZIONE DI FONDO DEL TERRENO - IMPIEGO DI FITOFARMACI E DISERBANTI**

Dopo averne effettuato le lavorazioni, l'Impresa, su istruzione della Direzione Lavori, dovrà incorporare nel terreno tutte le sostanze eventualmente necessarie ad ottenere la correzione, l'ammendamento e la concimazione di fondo, nonché somministrare gli eventuali fitofarmaci e/o diserbanti.

I trattamenti con fitofarmaci, infine, dovranno essere tempestivi ed eseguiti da personale specializzato che dovrà attenersi per il loro uso alle istruzioni specificate dalla casa produttrice ed alle leggi vigenti in materia, ed usare ogni possibile misura preventiva atta ad evitare danni alle persone e alle cose.

### **13.17. TRACCIAMENTI E PICCHETTATURE**

Prima della messa a dimora delle piante e dopo le operazioni di preparazione agraria del terreno, l'Impresa, sulla scorta degli elaborati di progetto e delle indicazioni della Direzione Lavori, predisporrà la picchettatura delle aree di impianto mediante tondini metallici con diametro di 12 cm. ed altezza di 150 cm., segnando la posizione nella quale dovranno essere eseguite le piantagioni singole (alberi, arbusti, altre piante segnalate in progetto) e tracciando sul terreno il perimetro delle piantagioni omogenee (tappezzanti, macchie arbustive, boschetti, ecc.).

Prima di procedere alle operazioni successive, l'Impresa dovrà ottenere l'approvazione della Direzione Lavori.

A piantagione eseguita, l'Impresa, nel caso siano state apportate varianti al progetto esecutivo, dovrà consegnare una copia degli elaborati relativi con l'indicazione esatta della posizione definitiva delle piante e dei gruppi omogenei messi a dimora.

### **13.18. PREPARAZIONE DELLE BUCHE E DEI FOSSI**

Le buche ed i fossi per la piantagione delle specie vegetali dovranno avere le dimensioni più ampie possibili in rapporto alla grandezza delle piante da mettere a dimora.

Per le buche ed i fossi che dovranno essere realizzati su un eventuale preesistente tappeto erboso, l'Impresa è tenuta ad adottare tutti gli accorgimenti necessari per contenere al minimo i danni al prato circostante recuperando lo strato superficiale di terreno per il riempimento delle buche stesse, in accordo con la Direzione Lavori.

Il materiale proveniente dagli scavi, se non riutilizzato o, a insindacabile giudizio della Direzione Lavori, non ritenuto idoneo, dovrà essere allontanato dalla sede del cantiere e portato alla pubblica discarica o su aree predisposte dall'Impresa a sua cura e spese.

Nella preparazione delle buche e dei fossi, l'Impresa dovrà assicurarsi che nelle zone in cui le piante svilupperanno le radici non ci siano ristagni di umidità e provvedere che lo scolo delle acque superficiali avvenga in modo corretto.

Nel caso, invece, fossero riscontrati gravi problemi di ristagno, l'Impresa provvederà, su autorizzazione della Direzione Lavori, a predisporre idonei drenaggi secondari che verranno contabilizzati a parte in base all'Elenco prezzi.

Per le modalità di esecuzione delle buche vedi schede tecniche

### **13.19. APPORTO DI TERRA DI COLTIVO**

Prima di effettuare qualsiasi impianto o semina, l'Impresa, in accordo con la Direzione Lavori, dovrà verificare che il terreno in sito sia adatto alla piantagione; in caso contrario dovrà apportare terra di coltivo in quantità sufficiente a formare uno strato di spessore adeguato per i prati ed a riempire totalmente le buche ed i fossi per gli alberi e gli arbusti, curando che vengano frantumate tutte le zolle e gli ammassi di terra.

La terra di coltivo rimossa ed accantonata nelle fasi iniziali degli scavi sarà utilizzata, secondo le istruzioni della Direzione Lavori, insieme a quella apportata.

Le quote definitive del terreno dovranno essere quelle indicate negli elaborati di progetto e dovranno comunque essere approvate dalla Direzione Lavori.

### **13.20. PREPARAZIONE DEL TERRENO PER I PRATI**

Per preparare il terreno destinato a tappeto erboso, l'Impresa, a completamento di quanto specificato nell'art. 12, dovrà eseguire, se necessario, una ulteriore pulizia del terreno rimuovendo tutti i materiali che potrebbero impedire la formazione di un letto di terra vegetale fine ed uniforme. Dopo aver eseguito le operazioni indicate negli art. 13 e 14, l'Impresa dovrà livellare e rastrellare il terreno secondo le indicazioni di progetto per eliminare ogni ondulazione, protuberanza, buca o avvallamento.

Gli eventuali residui della rastrellatura dovranno essere allontanati dall'area del cantiere.

### **13.21. MESSA A DIMORA DI ALBERI, ARBUSTI E CESPUGLI**

La messa a dimora degli alberi, degli arbusti e dei cespugli dovrà avvenire in relazione alle quote finite, avendo cura che le piante non presentino radici allo scoperto oppure risultino, una volta assestatosi il terreno, interrate oltre il livello del colletto.

L'imballo della zolla costituito da materiale degradabile (es. paglia, canapa, juta, ecc.) dovrà essere tagliato al colletto e aperto sui fianchi senza rimuoverlo da sotto la zolla, togliendo soltanto le legature metalliche ed il materiale di imballo in eccesso.

La zolla deve essere integra, sufficientemente umida, aderente alle radici; se si presenta troppo asciutta dovrà essere immersa temporaneamente in acqua con tutto l'imballo.

Analogamente si dovrà procedere per le piante fornite in contenitore.

Per le piante a radice nuda, parte dell'apparato radicale dovrà essere, ove occorra, spuntato alle estremità delle radici, privato di quelle rotte o danneggiate.

Le piante dovranno essere collocate ed orientate in modo da ottenere il miglior risultato estetico e tecnico in relazione agli scopi della sistemazione.

Prima del riempimento definitivo delle buche, gli alberi, gli arbusti e i cespugli di rilevanti dimensioni dovranno essere resi stabili per mezzo di pali di sostegno, ancoraggi e legature (vedi anche art. 10.7 e schede tecniche). L'Impresa provvederà poi al riempimento definitivo delle buche con terra di coltivo, costipandola con cura in modo che non rimangano vuoti attorno alle radici o alla zolla.

Il riempimento delle buche potrà essere effettuato, a seconda delle necessità, con terra di coltivo semplice oppure miscelata con torba.

Nel caso la Direzione Lavori decida che all'atto dell'impianto venga effettuata una concimazione secondaria localizzata, l'Impresa avrà cura di spargere il fertilizzante attorno e vicino alle radici o zolle, in modo da evitare danni per disidratazione.

A riempimento ultimato, attorno alle piante dovrà essere formata una conca o bacino per la ritenzione dell'acqua da addurre subito dopo in quantità abbondante, onde favorire la ripresa della pianta e facilitare il costipamento e l'assestamento della terra attorno alle radici e alla zolla (vedi schede tecniche).

#### **13.21.1. Alberi, arbusti e cespugli a foglia caduca**

Gli alberi, gli arbusti e i cespugli a foglia caduca, a seconda delle diverse specie vegetali e delle tecniche di coltura, potranno essere eventualmente forniti anche a radice nuda, purché di giovane età e di limitate dimensioni.

Le piante a foglia caduca dovranno essere messe a dimora nel periodo adeguato all'attecchimento delle varie specie, generalmente durante il periodo di riposo vegetativo.

L'eventuale potatura di trapianto della chioma deve essere autorizzata dalla Direzione Lavori e dovrà seguire rigorosamente le disposizioni impartite, rispettando il portamento naturale e le caratteristiche specifiche delle singole specie.

Nel caso fosse necessario agevolare il trapianto, l'Impresa, su indicazione della Direzione Lavori, irrorerà le piante con prodotti antitranspiranti.

#### **13.21.2. Alberi, arbusti e cespugli sempreverdi**

Gli alberi, gli arbusti ed i cespugli sempreverdi dovranno essere forniti esclusivamente con zolla o in contenitore e dovranno essere messi a dimora nel periodo adeguato all'attecchimento delle varie specie.

#### **13.22. MESSA A DIMORA DELLE PIANTE TAPPEZZANTI, RAMPICANTI, SARMENTOSE E RICADENTI**

La messa a dimora di queste piante è identica per ognuna delle diverse tipologie sopra indicate e deve essere effettuata in buche preparate al momento, in rapporto al diametro dei contenitori delle singole piante.

Se le piante saranno fornite in contenitori di materiale deperibile (torba, pasta di cellulosa compressa, ecc.), potranno essere messe a dimora con tutto il vaso.

In ogni caso, le buche dovranno essere poi colmate con terra di coltivo mista a concime ben pressata intorno alle piante.

L'Impresa è tenuta infine a completare la piantagione delle specie rampicanti, sarmentose e ricadenti, legandone i getti, ove necessario, alle apposite strutture di sostegno in modo da guidarne lo sviluppo per ottenere i migliori risultati in relazione agli scopi della sistemazione.

Per le prime cure di trapianto valgono le norme indicate all'art. 21.

#### **13.23. FORMAZIONE DEI PRATI**

Nella formazione dei vari tipi di prati sono compresi tutti gli oneri relativi alla preparazione del terreno, alla semina o alla piantagione e alle irrigazioni.

La formazione dei prati dovrà aver luogo dopo la messa a dimora di tutte le piante (in particolar modo di quelle arboree ed arbustive) previste in progetto e dopo la esecuzione degli impianti tecnici delle eventuali opere murarie, delle attrezzature e degli arredi.

Terminate le operazioni di semina o di piantagione, il terreno deve essere immediatamente irrigato.

I vari tipi di prato dovranno presentarsi perfettamente inerbiti con le specie previste, con presenza di erbe infestanti e sassi non superiore ai limiti di tolleranza consentiti dal progetto, esenti da malattie, chiazze ed avvallamenti dovuti all'assessamento del terreno o ad altre cause.

#### **13.23.1. Semina dei tappeti erbosi**

Dopo la preparazione del terreno, l'area sarà, su indicazioni della Direzione Lavori, seminata con uniformità e rullata convenientemente.

Il miscuglio dovrà essere stato composto secondo le percentuali precisate in progetto e dovrà essere stato accettato dalla Direzione Lavori.

#### **13.24. MANUTENZIONE DELLE OPERE A VERDE PER IL PERIODO DI GARANZIA**

La manutenzione che l'Impresa è tenuta ad effettuare durante il periodo di concordata garanzia dovrà essere prevista anche per le eventuali piante preesistenti e comprendere le seguenti operazioni:

- 1) irrigazioni;
- 2) ripristino conche e rinalzo;
- 3) falciature, diserbi e sarchiature;
- 4) concimazioni;
- 5) potature;
- 6) eliminazione e sostituzione delle piante morte;
- 7) rinnovo delle parti non riuscite nei tappeti erbosi;
- 8) difesa dalla vegetazione infestante;
- 9) sistemazione dei danni causati da erosione;
- 10) ripristino della verticalità delle piante;
- 11) controllo dei parassiti e delle fitopatie in genere.

La manutenzione delle opere dovrà avere inizio immediatamente dopo la messa a dimora (o la semina) di ogni singola pianta e di ogni parte di tappeto erboso, e dovrà continuare fino alla scadenza del periodo di garanzia concordato.

Ogni nuova piantagione dovrà essere curata con particolare attenzione fino a quando non sarà evidente che le piante, superato il trauma del trapianto (o il periodo di germinazione per le semine), siano ben attecchite e siano in buone condizioni vegetative.

##### **13.24.1. Irrigazioni**

L'Impresa è tenuta ad irrigare tutte le piante messe a dimora ed i tappeti erbosi per il periodo di garanzia concordato.

Le irrigazioni dovranno essere ripetute e tempestive e variare in quantità e frequenza in relazione alla natura del terreno, alle caratteristiche specifiche delle piante, al clima e all'andamento stagionale: il programma di irrigazione (a breve e a lungo termine) e i metodi da usare dovranno essere determinati dall'Impresa e successivamente approvati dalla Direzione Lavori.

Nel caso fosse stato predisposto un impianto di irrigazione automatico, l'Impresa dovrà controllare che questo funzioni regolarmente: l'impianto di irrigazione non esonera però l'Impresa dalle sue responsabilità in merito all'irrigazione, la quale pertanto dovrà essere attrezzata per effettuare, in caso di necessità, adeguati interventi manuali.

Se la stagione estiva è particolarmente asciutta, dovranno essere tempestivamente eseguite irrigazioni supplementari.

##### **13.24.2. Ripristino conche e rinalzo**

Le "conche" di irrigazione eseguite durante i lavori di impianto devono essere, se necessario, ripristinate.

A seconda dell'andamento stagionale, delle conche climatiche delle caratteristiche di specie, l'Impresa provvederà alla chiusura delle conche ed al rinalzo delle piante, oppure alla riapertura delle conche per l'innaffiamento.



#### **13.24.3. Falcature, diserbi e sarchiature**

Oltre alle cure colturali normalmente richieste, l'Impresa dovrà provvedere, durante lo sviluppo delle specie prative e quando necessario, alle varie falcature del tappeto erboso.

L'erba tagliata dovrà essere immediatamente rimossa. Tale operazione dovrà essere eseguita con la massima tempestività e cura, evitando la dispersione sul terreno dei residui rimossi.

Le superfici di impianto interessate da alberi, arbusti e cespugli perenni, biennali, annuali, ecc. e le conche degli alberi devono essere oggetto di sarchiature periodiche.

#### **13.24.4. Concimazioni**

Le concimazioni devono essere effettuate nel numero e nelle quantità stabilite dal piano di concimazione.

#### **13.24.5. Potature**

Le potature di formazione e di rimonda devono essere effettuate nel rispetto delle caratteristiche delle singole specie.

Il materiale vegetale di risulta dovrà essere immediatamente rimosso e depositato secondo gli accordi presi con la Direzione Lavori.

#### **13.24.6. Eliminazione e sostituzione delle piante morte**

Le eventuali piante morte dovranno essere sostituite con altre identiche a quelle fornite in origine; la sostituzione deve, in rapporto all'andamento stagionale, essere inderogabilmente effettuata nel più breve tempo possibile dall'accertamento del mancato attecchimento.

#### **13.24.7. Rinnovo delle parti non perfettamente riuscite dei tappeti erbosi**

Epoca e condizioni climatiche permettendo, l'Impresa dovrà riseminare o piantare ogni superficie a tappeto erboso che presenti una crescita irregolare o difettosa delle specie prative oppure sia stata giudicata per qualsiasi motivo insufficiente dalla Direzione Lavori.

#### **13.24.8. Difesa dalla vegetazione infestante**

Durante l'operazione di manutenzione, l'Impresa dovrà estirpare, salvo diversi accordi con la Direzione Lavori, le specie infestanti e reintegrare lo stato di pacciamme quando previsto dal progetto.

#### **13.24.9. Sistemazione dei danni causati da erosione**

L'Impresa dovrà provvedere alla sistemazione dei danni causati da erosione per difetto di esecuzione degli interventi di sua specifica competenza.

#### **13.24.10. Ripristino della verticalità delle piante**

L'Impresa è tenuta al ripristino della verticalità e degli ancoraggi delle piante qualora se ne riconosca la necessità.

## 14. NORME GENERALI PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

### 14.1. RESPONSABILITA' DELL'APPALTATORE

Sarà obbligo dell'Appaltatore di adottare nella esecuzione dei lavori tutti i provvedimenti e le cautele necessari per garantire la vita degli operai, delle persone addette ai lavori stessi e dei terzi, nonché per evitare danni a beni pubblici e privati.

L'Impresa è obbligata agli adempimenti previsti dal Decreto Legislativo n. 494 del 14-8-1996 e successive modifiche in attuazione alle direttive CEE 89/391 del 12/6/1989 e 92/57 del 24/6/1992 concernenti le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili.

I lavori di cui al presente appalto dovranno essere condotti in conformità delle disposizioni contenute in "piano di sicurezza" di progetto, che forma parte integrante del contratto di appalto, ai sensi e per gli effetti del D.lgs. 494/96 e successive modifiche e/o integrazioni.

L'Impresa appaltatrice DICHIARA di avere approfondita conoscenza e motivata convinzione della buona formulazione del piano di sicurezza.

L'Impresa dovrà nominare un proprio RESPONSABILE TECNICO ABILITATO PER LA SICUREZZA, che può coincidere con in direttore di Cantiere, per recepire ed attuare tutte le disposizioni normative in materia derivanti dal piano di sicurezza e quelle IMPARTITE DAL COORDINATORE PER L'ESECUZIONE.

Il Responsabile della sicurezza dell'Impresa dovrà ammettere in cantiere esclusivamente i lavoratori ed i visitatori che si attengono alle prescrizioni IMPartite.

Viene esplicitamente convenuto che il coordinatore per l' Esecuzione dei lavori potrà richiedere il "piano particolare di sicurezza" per le lavorazioni ritenute di particolare rischio; la redazione di tale piano resta, per patto espresso, a carico dell'Impresa Appaltatrice.

In caso di inottemperanza a qualsivoglia obbligo precisato nel Piano di sicurezza e Coordinamento per l'Esecuzione, l'Impresa dovrà ottemperare entro il limite indicato, alle disposizioni che riceverà al riguardo.

Qualora, inoltre, il Coordinatore per l' Esecuzione disponga, ai sensi dell'art. 5 comma lett. f) del D.lgs. 494/96 la sospensione di lavorazioni eseguite senza le necessarie predisposizioni prescritte dal Piano di Sicurezza e Coordinamento, ciò non costituirà titolo per l'Impresa a richiedere proroghe alla scadenza contrattuale essendo imputabile a fatto e colpa dell'Impresa stessa.

In caso di mancato positivo riscontro e di perdurante inosservanza della disposizione di sicurezza impartita, l'Impresa verrà formalmente DIFFIDATA E POSTA IN MORA per gravi e/o ripetute violazioni della sicurezza, che costituiscono causa di risoluzione del contratto ai sensi dell'art. 31 della legge 216/05 e successiva 415/98.

L'Impresa conviene con l'Ente Appaltante che, nelle more dell'emissione del Regolamento citato dalla Legge 415/98, Coordinatore per l' Esecuzione stabilisce quali violazioni della sicurezza determinano la risoluzione del contratto e si impegna a risarcire l'Impresa di ogni danno derivante da tale circostanza, senza opporre eccezioni, a qualsiasi titolo, in ordine alla rescissione.

Per lo svolgimento dei lavori in oggetto del presente Capitolato Speciale di Appalto l'Impresa quale datore di lavoro è obbligata nei riguardi dei propri dipendenti all'osservanza delle norme stabilite dal D.L. 19-9-1994 n. 626 riguardante l'attuazione delle direttive CEE n. 89/391, 89/654, 89/655, 89/656, 90/269, 90/270, 90/394, e 90/679 riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro.

Il datore di lavoro deve comunicare prima dell'inizio dei lavori il nominativo delle persone responsabili del servizio di prevenzione e salute sul luogo di lavoro.

Egli sia che svolga direttamente i compiti propri del servizio di prevenzione sia che abbia designato responsabili, deve trasmettere, sempre prima dell'inizio dei lavori, copia conforme della dichiarazione attestante il possesso di attitudini e le capacità adeguate di svolgimento dei compiti di prevenzione e protezione dai rischi corredata da copia di attestazione di frequenza del corso di formazione.

Resta convenuto che, qualora per mancanza, insufficienza od inadempienza di segnalazioni nei lavori, in relazione alle prescrizioni del Nuovo Codice della Strada e dal relativo Regolamento di esecuzione, già citati, che interessano o limitano la zona riservata al traffico dei veicoli e dei pedoni, dovessero verificarsi danni alle persone o alle cose, l'Impresa terrà sollevata ed indenne la Committente ed il personale da essa dipendente da qualsiasi pretesa o molestia, anche giudiziaria, che potesse provenirle da terzi e provvederà a suo carico al completo risarcimento dei danni che si fossero verificati.

Sino che non sia intervenuta, con esito favorevole, il collaudo ovvero la visita per il certificato di regolare esecuzione delle opere la manutenzione delle opere stesse verrà tenuta a cura e spese dell'Impresa.

Questa, anche in presenza del traffico esistente sulla strada, eseguirà la manutenzione portando il minimo possibile turbamento al traffico medesimo, provvedendo a tutte le segnalazioni provvisorie necessarie alla sicurezza del traffico, osservando sia le disposizioni di legge, sia le prescrizioni che dovesse dare la Committente, per gli oneri che ne derivassero essa Impresa non avrà alcun diritto a risarcimento o rimborso.

L'Impresa sarà responsabile, in sede civile e penale, dell'osservanza di tutto quanto specificato in questo articolo.

Per tutto il periodo corrente tra l'esecuzione il collaudo o la predetta visita, e salvo le maggiori responsabilità sancite dall'art. 1669 del C.C. sarà garante delle opere eseguite, restando a suo esclusivo carico le riparazioni, sostituzioni e ripristini che si rendessero necessari.

Durante detto periodo l'Impresa curerà la manutenzione tempestivamente e con ogni cautela, provvedendo, di volta in volta, alle riparazioni necessarie senza interrompere il traffico e senza che occorran particolari inviti da parte della Direzione Lavori, ed, eventualmente a richiesta insindacabile di questa, mediante lavoro notturno.

Ove l'Impresa non provvedesse nei termini prescritti dalla Direzione Lavori con invito scritto, si procederà di Ufficio, e la spesa andrà a debito dell'Impresa stessa.

Per ragioni particolari di stagione, sia per altre cause, potrà essere concesso all'Impresa di procedere alle riparazioni con provvedimenti di carattere provvisorio, salvo a provvedere alle riparazioni definitive, appena possibile.

Qualora, nel periodo compreso tra l'ultimazione dei lavori il collaudo o la predetta visita si verificassero delle variazioni, ammaloramenti per fatto estraneo alla buona esecuzione delle opere eseguite dall'Impresa questa ha l'obbligo di notificare dette variazioni od ammaloramenti all'Amministrazione entro cinque giorni dal loro verificarsi, affinché la stessa possa procedere tempestivamente, alle necessarie constatazioni.

All'atto del collaudo o della predetta visita, i lavori dovranno apparire in stato di ottima conservazione.

Quando i rifacimenti manutentori apportati dal Cottimista nel periodo in cui la manutenzione è stata a suo carico, ammontino complessivamente, all'atto della visita, a più di un decimo dell'importo, la Committente potrà rifiutare la regolare esecuzione dell'intera estensione della medesima, riservandosi la richiesta dei danni conseguenti.

#### **14.2. PRESCRIZIONI GENERALI DI ESECUZIONE DELLE PRINCIPALI CATEGORIE DI LAVORO E FORNITURE**

Per regola generale nell'esecuzione dei lavori e delle forniture l'Impresa dovrà attenersi alle migliori regole dell'arte non che alle prescrizioni che di seguito vengono date per le principali categorie di lavori.

Per tutte le categorie di lavori e quindi anche per quelle relativamente alle quali non si trovino prescritte speciali norme, sia nel presente Capitolato con annesso elenco prezzi che nel "Manuale Tecnico della Segnaletica Stradale" dell'ANAS redatto dal Gruppo Tecnico per la Sicurezza Stradale, l'Impresa dovrà seguire i migliori procedimenti prescritti dalla tecnica e dalla normativa vigente attenendosi agli ordini che all'uopo impartirà la Direzione Lavori all'atto esecutivo.

Tutte le forniture ed i lavori in genere, principali ed accessori previsti o eventuali, dovranno essere eseguiti a perfetta regola d'arte, con materiali e magisteri appropriati e rispondenti alla specie di lavoro che si richiede ed alla loro destinazione. In particolare l'Impresa per le forniture dei segnali dovrà attenersi a quanto previsto dall'art. 45 comma 8 del Nuovo Codice della Strada e art. 194 del relativo Regolamento di esecuzione e di attuazione.

#### **14.3. MOVIMENTI DI TERRE - SCAVI IN GENERE**

Gli scavi occorrenti per la formazione dei basamenti di fondazione saranno eseguiti nelle forme e dimensioni risultanti dai relativi disegni, salvo le eventuali variazioni che l'Amministrazione appaltante è in facoltà di adottare all'atto esecutivo, restando a completo carico dell'Impresa ogni onere proprio di tali generi di lavori, non escluso quello di eventuali sbadacchiature e puntellature, essendosi di tutto tenuto conto nel fissare i corrispondenti prezzi unitari. Nel caso che, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni nelle quali i lavori si svolgono lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente la successione e la esecuzione delle opere di scavo e murarie, essendo gli oneri relativi compensati nei prezzi contrattuali.

Nell'esecuzione degli scavi in genere il Cottimista potrà ricorrere all'impiego di mezzi meccanici.

Dovrà essere usata ogni cura nel sagomare esattamente i fossi, nell'appianare e sistemare le banchine, nel configurare le scarpate e nel profilare i cigli della strada. Nell'esecuzione degli scavi il Cottimista è tenuto ad effettuare a propria cura e spese l'estirpamento di piante, arbusti e relative radici esistenti sia sui terreni da scavare. Dovrà essere usata ogni cura nel risagomare i fossi, sistemare le banchine, riconfigurare le scarpate che venissero manomesse durante i lavori di esecuzione delle fondazioni dei segnali, eventualmente anche con apporto di nuovo materiale arido. Tali oneri si intendono compensati con i prezzi di elenco relativi ai movimenti di materie.

#### **14.3.1. Scavi di sbancamento**

Per scavi di sbancamento si intendono quelli occorrenti per spianamento del terreno, per taglio di scarpate delle trincee o di rilevati praticati al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del piano di campagna lungo il perimetro dello scavo ed aperti lateralmente almeno da una parte.

Questo piano sarà determinato con riferimento all'intera area di fondazione dell'opera.

#### **14.3.2. Scavi di fondazione**

Per scavi di fondazione si intendono quelli relativi all'impianto di opere murarie e che risultino al di sotto del piano di sbancamento, chiusi tra pareti verticali riprodotte il perimetro della fondazione dell'opera.

Il piano di fondazione sarà perfettamente orizzontale e sagomato a gradini con leggera pendenza verso monte per quelle opere che cadono sopra falde inclinate. Gli scavi di fondazione saranno di norma eseguiti a pareti verticali e il Cottimista dovrà, all'occorrenza, sostenerli con convenienti sbadacchiature, il quale onere resta compensato nel relativo prezzo dello scavo, restando a suo carico ogni danno alle persone, alle cose ed all'opera, per smottamenti o franamenti del cavo.

### **14.4. CONGLOMERATI CEMENTIZI SEMPLICI ED ARMATI**

#### **14.4.1. Generalità**

L'Impresa è tenuta all'osservanza della Legge 5 novembre 1971, n. 1086, "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" nonché delle Norme Tecniche successivamente emanate in applicazione dell'art. 21 della predetta Legge.

Tutte le opere in conglomerato cementizio necessarie per l'esecuzione di blocchi di fondazione dei segnali incluse nell'appalto, saranno eseguite in base ai calcoli statici ed alle verifiche che l'Impresa avrà provveduto ad effettuare, nei termini di tempo fissati dalla D.L. L'esame e la verifica da parte della Direzione Lavori dei progetti delle opere, non esonera in alcun modo l'Impresa dalla responsabilità derivante per legge e per pattuizioni del contratto, restando stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione Lavori, l'Impresa rimane unica e completa responsabile delle opere a termini di Legge; pertanto essa sarà tenuta a rispondere degli inconvenienti di qualsiasi natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

#### **14.4.2. Componenti**

Cemento, inerti, acqua. I componenti impiegati per la confezione dei conglomerati cementizi devono corrispondere ai requisiti prescritti dalle Leggi vigenti.

#### **14.4.3. Resistenza dei calcestruzzi**

Per la determinazione delle resistenze caratteristiche a compressione dei calcestruzzi e per il controllo di qualità del conglomerato dovranno essere seguite le norme del D.M. 14/1/2008.

Tutti gli oneri relativi alle prove di cui sopra, in essi compresi quelli per il rilascio dei certificati, saranno a totale carico dell'Impresa.

Qualora dalle prove eseguite risultasse un valore della Rbk inferiore a quello indicato nei calcoli statici e nei disegni di progetto approvati dalla D.L. l'Impresa dovrà presentare, a sua cura e spese, una relazione supplementare nella quale dimostri che, fermo restando le ipotesi di vincoli e di carico delle strutture, la Rck è ancora compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, secondo le prescrizioni delle vigenti norme di Legge.

Se tale relazione sarà approvata dalla D.L., il calcestruzzo verrà contabilizzato con la classe alla quale risulterà appartenere la relativa Rck.

Nel caso che la Rck non risulti compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, l'Impresa sarà tenuta a sua cura e spese, alla demolizione e rifacimento dell'opera, oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi, dovranno essere formalmente approvati dalla D.L.

Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto al Cottimista se la Rck risulterà maggiore a quella indicata nei calcoli statici e nei disegni approvati dalla Direzione Lavori.

#### **14.4.4. Posa in opera**

Il conglomerato cementizio deve essere posto in opera ed assestato con ogni cura in modo che le superfici dei getti, dopo la sformatura, dovranno risultare perfettamente piane, senza gobbosità, incavi, cavernosità, sbavature od irregolarità di sorta, tali comunque da non richiedere alcun tipo di intonaco, ne tanto meno spianamenti o rinzaffi.

L'addensamento in opera deve essere eseguito, per tutte le classi di conglomerato cementizio, mediante vibrazioni ad alta frequenza, i getti saranno eseguiti a strati orizzontali di altezza limitata e comunque non superiore ai cm. 50, resi dopo la vibrazione.

Le interruzioni e le riprese dei getti devono essere curate con diligenza scrupolosa ed in ogni caso devono essere evitate nei punti più sollecitati.

Tra le successive riprese di getto, non si dovranno avere distacchi, o discontinuità e la ripresa deve essere effettuata solo dopo che la superficie del getto precedente sia stata accuratamente pulita, lavata e ripresa con malta liquida dosata a ql. 6 di cemento per ogni mc. di sabbia.

#### **14.5. CASSEFORME, ARMATURE**

Per l'esecuzione di tali opere provvisorie, sia verticale che orizzontale, l'Impresa potrà adottare il sistema, i materiali ed i mezzi che riterrà più idonei o di sua convenienza, purché soddisfinno alle condizioni di stabilità e di sicurezza, curando la perfetta riuscita dei particolari costruttivi.

L'Impresa è tenuta ad osservare, nella progettazione ed esecuzione delle armature, le norme ed i vincoli che fossero imposti dagli Enti e personale responsabili, circa il rispetto di particolari impianti o manufatti esistenti nella zona interessata dalla nuova costruzione.

Le operazioni di disarmo saranno effettuate secondo le norme contenute nel D.M. 14.1.2008.

#### **14.6. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO**

##### **14.6.1. Generalità**

Gli acciai per armature di c.a. debbono corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabiliti dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086 (D.M. 14.1.2008).

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dallo stesso D.M. 14.1.2008.

#### **14.7. ACCIAI PER CEMENTO ARMATO NORMALE**

##### **14.7.1. Barre tonde lisce - FE b22k – FE b32k**

1.- Barre non controllate in stabilimento.

Tutte le partite di barre tonde lisce verranno sottoposte a controllo in cantiere.

I campioni saranno prelevati in contraddittorio con l'Impresa ed inviati a cura della Direzione Lavori ed a spese del Cottimista ad un Laboratorio ufficiale.

Di tale operazione dovrà essere redatto apposito verbale controfirmato dalle parti.

La Direzione Lavori darà benestare per la posa in opera di ciascuna partita soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e ne avrà constatato l'esito positivo.

Nel caso di esito negativo si procederà come indicato nel D.M. 14.1.2008.

**14.7.2. Barre ad aderenza migliorata - FE b38k – FE b44k.**

1.- Barre non controllate in stabilimento

Si procederà al controllo in cantiere con le stesse modalità, oneri e prescrizioni di cui al precedente punto 23.10.1.

2.- Barre controllate in stabilimento

È facoltà della Direzione Lavori sottoporre a controllo in cantiere anche le barre controllate in stabilimento.

Anche in questo caso i campioni verranno prelevati in contraddittorio con l'Impresa ed inviati a cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Impresa ad un Laboratorio ufficiale.

Di tale operazione dovrà essere redatto apposito verbale controfirmato dalle parti.

La Direzione Lavori darà benestare per la posa in opera delle partite sottoposte all'ulteriore controllo in cantiere soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e ne avrà constatato l'esito positivo.

Nel caso di esito negativo si procederà come indicato nel D.M. 14.1.2008.

**15. NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

### **15.1. NORME GENERALI**

Le quantità dei lavori e delle provviste saranno determinate con metodi geometrici, numerici o a peso, in relazione a quanto previsto nell'Elenco Prezzi.

I lavori a misura saranno liquidati in base alle misure fissate dal progetto anche se, dalle misure di controllo rilevate dagli incaricati, dovessero risultare spessori, lunghezze, larghezze, superfici e cubature effettivamente superiori.

Soltanto nel caso in cui la Direzione Lavori abbia ordinato per iscritto tali maggiori dimensioni, se ne terrà conto nella contabilizzazione.

Per la quota delle lavorazioni affidate a corpo, le corrispondenti misurazioni saranno utilizzate per verificare la rispondenza delle opere eseguite a quelle progettate e la loro liquidazione sarà effettuata a percentuale d'avanzamento d'opere compiute secondo lo schema prestabilito contrattualmente.

Nel caso, invece, che dalle misure di controllo risultassero dimensioni minori rispetto a quelle indicate in progetto o prescritte dalla Direzione Lavori, sarà in facoltà insindacabile della Direzione Lavori ordinare la demolizione delle opere e la loro ricostruzione a cura ed a spese dell'Impresa; soltanto se le minori dimensioni, sentito il Progettista, risultassero compatibili con la funzionalità e la stabilità delle opere, la Direzione Lavori potrà ammettere in contabilità le quantità effettivamente eseguite.

Le misure saranno prese in contraddittorio a mano a mano che si procederà all'esecuzione dei lavori e riportate su appositi libretti che saranno firmati dagli incaricati della Direzione Lavori e dell'Impresa.

Resta sempre salva, in ogni caso, la possibilità di verifica e di rettifica in occasione delle operazioni di collaudo.

Si precisa inoltre, per maggiore completezza e chiarimento, che tutte le prove di campionatura, di verifica delle caratteristiche meccaniche dei terreni, d'accettazione e qualificazione dei materiali, di controllo delle lavorazioni eseguite, i campi di prova con le relative verifiche, le prove di carico, l'assistenza ai collaudi e in genere qualsiasi verifica e prova atta a dimostrare la qualità della lavorazione, saranno svolte a cura e spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori; pertanto l'Impresa dovrà tenere conto nella sua offerta di tali oneri.

### **15.2. LAVORI IN ECONOMIA**

Le prestazioni in economia dovranno essere assolutamente eccezionali e potranno adottarsi solo per lavori del tutto marginali.

In ogni caso saranno contabilizzate soltanto se riconosciute oggetto di un preventivo ordine ed autorizzazione scritti della Direzione Lavori.

### **15.3. SCAVI - DEMOLIZIONI - RILEVATI**

La misurazione degli scavi di sbancamento e dei rilevati sarà effettuata con il metodo delle sezioni raggugliate. All'atto della consegna dei lavori l'Impresa eseguirà, in contraddittorio con la Direzione Lavori, il controllo delle quote nere delle sezioni trasversali e la verifica delle distanze fra le sezioni stesse, distanze misurate sull'asse di progetto.

In base a tali rilievi ed a quelli da praticarsi ad opera finita od a parti di essa purché finite, con riferimento alle sagome delle sezioni tipo ed alle quote di progetto, sarà determinato il volume degli scavi e dei rilevati eseguiti.

Resta inteso che, sia in trincea sia in rilevato, la sagoma rossa delimitante le aree di scavo o di riporto è quella che segue il piano di banchina, il fondo cassonetto sia della banchina di sosta che della carreggiata e del piazzale, come risulta dalla sezione tipo.

Con riferimento al trasporto dei materiali (a scarica o da cava), per «lotto» deve intendersi: il lotto stradale, le singole strade di servizio, gli eventuali campi e cantieri; le quantità dei materiali movimentati faranno riferimento a tali tratte.

#### **15.3.1. Scavi**

##### **15.3.1.1. SCAVI IN GENERE**

Tutti i materiali provenienti dagli scavi sono di proprietà della Società; l'Impresa potrà usufruire dei materiali stessi, sempre che siano riconosciuti idonei dalla Direzione Lavori, limitatamente ai quantitativi necessari all'esecuzione delle opere appaltate e per quelle categorie di lavoro di cui è previsto l'impiego nel progetto. È fatta salva la facoltà riservata alla Direzione Lavori di cederli all'Impresa, addebitandoglieli a norma del Capitolato Generale dello Stato approvato con D.P.R. 16.7.1962 n. 1063. Qualora però di detti materiali non

esistesse la voce di reimpiego, questo potrà eventualmente essere desunto dai prezzi offerti dall'Impresa per le forniture di materiali a piè d'opera, diviso per il coefficiente 1,10.

Gli articoli dell'Elenco prezzi relativi agli scavi in genere comprendono tutti gli oneri previsti dalle presenti Norme ed inoltre:

- la perfetta sagomatura dei fossi, la sistemazione di banchine e cassonetti anche in roccia, la configurazione delle scarpate e dei cigli;
- il rinterro intorno alle murature e sopra le condotte, le fognature e i drenaggi;
- gli esaurimenti d'acqua (che saranno contabilizzati solo per gli scavi di fondazione considerati subacquei) compresi gli oneri per il loro trattamento secondo le vigenti norme di legge;
- le prove in laboratorio ed in sito per la verifica dell'idoneità dei materiali da reimpiegare.

Negli scavi in terra è compreso il disfacimento d'eventuali drenaggi in pietrame o in misto granulare, rinvenuti durante i lavori.

Saranno contabilizzati a parte soltanto i trovanti rocciosi, se frantumati, o le fondazioni in muratura, aventi singolo volume superiore a 1,00 m<sup>3</sup>, applicando a tali quantità gli articoli previsti dall'Elenco prezzi per gli scavi in roccia o per le demolizioni di murature, avendole detratte dagli scavi in terra.

#### **15.3.1.2. Scavi di sbancamento**

Tali s'intendono quelli definiti dal Capitolo 3.2.2.1. Si precisa che nel caso degli scavi di sbancamento per impianto d'opere d'arte, non sarà computato il riempimento a ridosso della muratura, gli eventuali drenaggi a tergo della stessa, che l'Impresa dovrà eseguire a propria cura e spese sino a raggiungere la quota del preesistente terreno naturale.

#### **15.3.1.3. Scavo di fondazione**

Tali s'intendono quelli definiti dal Capitolo 3.2.2.2 o ad essi assimilabili.

Gli scavi di fondazione saranno computati per un volume uguale a quello risultante dal prodotto dell'area di base delle murature di fondazione per la loro profondità, misurata a partire dal piano dello scavo di sbancamento o del terreno naturale quando detto scavo di sbancamento non è effettuato.

Gli scavi di fondazione potranno essere eseguiti, ove ragioni speciali non lo vietino, anche con pareti a scarpata ma, in tal caso, non sarà computato il maggior volume, né degli scavi di fondazione né di quelli di sbancamento.

Solo nel caso che le pareti a scarpata siano ordinate dalla Direzione Lavori, saranno computati i maggiori volumi corrispondenti.

In ogni caso non sarà computato il riempimento a ridosso delle murature o degli eventuali drenaggi a tergo delle stesse, che l'Impresa dovrà eseguire a propria cura e spese, sino a raggiungere la quota dei piani di sbancamento o del preesistente terreno naturale. Saranno individuati inoltre i volumi relativi alle classi di profondità indicate negli articoli d'Elenco prezzi ed a questi saranno applicate le maggiorazioni previste.

Gli scavi di fondazione saranno considerati subacquei, e come tali contabilizzati, solo se eseguiti a profondità maggiori di 20 cm dal livello costante a cui si stabilizzano le acque eventualmente esistenti nel terreno.

Qualora la Direzione Lavori ritenesse opportuno provvedere direttamente all'esaurimento delle acque mediante opere di deviazione o pompaggio, lo scavo sarà contabilizzato com'è eseguito all'asciutto.

Si ribadisce quanto stabilito al Capitolo 3 delle presenti Norme in ordine alle competenze degli oneri per l'espletamento delle pratiche d'autorizzazione allo scarico nonché per i provvedimenti necessari all'eventuale trattamento delle acque.

#### **15.3.2. Demolizioni**

La demolizione di murature di qualsiasi genere e di strutture in conglomerato cementizio semplice od armato, normale o precompresso, sarà computata a metro cubo del loro effettivo volume.

La demolizione di gabbionate o di materassi in filo di ferro e pietrame sarà computata, sulla base degli effettivi volumi, utilizzando l'articolo d'Elenco prezzi relativo alla demolizione di murature di qualsiasi genere.



Tali articoli, che comprendono il trasporto a rifiuto presso discariche idonee alla ricezione dei materiali, si applicano anche per la demolizione entro terra fino alla profondità indicata dalla Direzione Lavori.

La demolizione di fabbricati, di qualsiasi specie e genere, sarà invece computata a metro cubo vuoto per pieno, limitando la misura in altezza dal piano di campagna al livello della gronda del tetto; dovranno essere demoliti, oltre ai pavimenti del piano terreno, anche le fondazioni di qualsiasi tipo fino alla profondità indicata dalla Direzione Lavori.

Compreso l'allontanamento di tutti i materiali di risulta fuori delle pertinenze stradali, restando il materiale riutilizzabile di proprietà dell'Impresa.

La demolizione integrale d'impalcati d'opere d'arte in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso sarà computato a metro cubo del loro effettivo volume.

Compreso l'allontanamento di tutti i materiali di risulta fuori delle pertinenze stradali, restando il materiale riutilizzabile di proprietà dell'Impresa.

La demolizione integrale d'impalcati di cavalcavia in conglomerato cementizio armato, normale o precompresso, o a struttura mista in acciaio e conglomerato cementizio armato, su strada in esercizio, sarà computata a metro quadrato di superficie effettiva, misurata in proiezione orizzontale.

Compreso l'allontanamento di tutti i materiali di risulta fuori delle pertinenze stradali, restando il materiale riutilizzabile di proprietà dell'Impresa.

L'asportazione di strati di conglomerato cementizio ammalorato, sia mediante scalpellatura sia con l'impiego di macchine idrodemolitrici, sarà computato misurando lo spessore medio mediante rilievo su un reticolo di lato metri uno.

L'articolo dell'Elenco prezzi per le idrodemolizioni comprende anche gli oneri per l'approvvigionamento dell'acqua occorrente, per l'asportazione del materiale fresato e per la pulizia della superficie risultante.

La demolizione di fondazioni stradali e di pavimentazioni di conglomerato bituminoso sarà contabilizzata con i relativi articoli d'Elenco prezzi.

Nel caso di demolizione parziale di strati di conglomerato bituminoso con impiego di macchina scarificatrice, dovrà essere computata la superficie effettiva per lo spessore medio ottenuto misurando la profondità di fresatura in corrispondenza dei bordi e del centro del cavo.

La demolizione dovrà rispettare rigorosamente gli spessori previsti in progetto o prescritti dalla Direzione Lavori e non saranno pagati maggiori spessori rispetto a quelli previsti o prescritti.

Le demolizioni di pavimentazioni, rivestimenti e tramezzi saranno computate a metro quadrato per la loro effettiva superficie.

Lo smontaggio di manti di copertura, compresa la rimozione dell'orditura portante, il trasporto a rifiuto del materiale non riutilizzabile e l'accatastamento di quello riutilizzabile nei depositi della Società, sarà computato a metro quadrato di proiezione orizzontale delle falde, qualunque sia la loro pendenza.

La rimozione di serramenti di porte e finestre sarà computata a metro quadrato di superficie effettiva.

L'apertura di vani di porte sarà computata a metro quadrato di superficie effettiva, misurata nella luce del vano ultimato.

La spicconatura d'intonaci sarà computata a metro quadrato di superficie misurato vuoto per pieno, salvo la detrazione dei vani di superficie superiore a 4,00 m<sup>2</sup>.

### **15.3.3. Preparazione del piano di posa**

#### **15.3.3.1. Rilevati**

Gli articoli dell'Elenco prezzi per la preparazione del piano di posa dei rilevati comprendono tutte le lavorazioni ivi previste ed inoltre tutti gli oneri per controlli e prove indicati nelle Norme Tecniche.

Nel caso d'eventuale bonifica del piano di posa, il maggiore scavo, oltre lo spessore di 20 cm, per la rimozione del terreno vegetale, sarà contabilizzato a parte con il relativo articolo d'Elenco prezzi.

In questo caso il compattamento del fondo scavo di scotico sarà eseguito sul fondo dallo scavo di bonifica.

#### **15.3.3.2. Sovrastruttura stradale in trincea**

Con l'articolo d'Elenco prezzi, relativo al coMPattamento del piano di posa della fondazione stradale nei tratti in trincea, applicato alla superficie del fondo di cassonetto, si intendono esauriti tutti gli oneri, le lavorazioni, i controlli e le prove delle presenti Norme Tecniche.

#### **15.3.3.3. Telo di tessuto non tessuto in poliestere o polipropilene**

Computato a metro quadrato senza tenere conto delle sovrapposizioni longitudinali e trasversali fra i teli; tra gli oneri del relativo articolo d'Elenco prezzi è compresa anche la graffatura.

#### **15.3.4. Formazione di rilevati, riempimenti di cavi e rilevati di precarico**

La computazione del volume della fornitura dei materiali idonei per la formazione di rilevati, provenienti da cave di prestito, risulterà dalla differenza fra:

- il volume totale dei rilevati;
- la somma dei volumi degli scavi contabilizzati e ritenuti idonei al reimpiego dalla Direzione Lavori e dei volumi di materiali di proprietà della Società prelevati da depositi e misurati in opera. Qualora il prelievo dei materiali di proprietà della Società avvenisse da parte dell'Impresa in ambito esterno ai confini di lotto, sarà riconosciuto alla stessa tramite l'applicazione del prezzo corrispondente, l'onere del carico, trasporto e scarico del materiale altrove prelevato. Detto materiale sarà computato dopo la messa in opera tra sezioni note.

Gli articoli, relativi alla formazione di rilevati, di riempimenti, di cavi e di rilevati di precarico comprendono tutti gli oneri previsti dalle presenti Norme ed in particolare:

- prove e sondaggi in laboratorio ed in sito per l'accertamento della idoneità dei materiali;
- l'ottenimento del benessere da parte degli Enti competenti per l'apertura e la coltivazione delle cave, relativamente alla normativa emanata dalle singole Regioni;
- le indennità e/o i canoni relativi al prelievo dei materiali da aree appartenenti a privati, Enti Pubblici, Demanio, ecc.;
- l'apertura di nuove cave e la loro coltivazione, compresa la sistemazione a cavatura ultimata, sulla base dei progetti che la Società e/o la stessa Impresa dovranno redigere, anche in relazione alla normativa emanata dalle singole Regioni.

Nel caso che il progetto debba essere redatto dall'Impresa, dovrà essere sottoposto anche al preventivo benessere della Direzione Lavori.

Nel volume degli scavi da considerarsi agli effetti del bilancio delle terre, dovranno essere tenuti in evidenza anche i materiali provenienti dallo scoticamento del piano di posa dei rilevati, in quanto ritenuti idonei dalla Direzione Lavori e utilizzati in tutto o in parte per la formazione della coltre vegetativa sulle scarpate.

I volumi relativi saranno determinati moltiplicando per 0,20 i metri quadrati contabilizzati con l'articolo relativo alla preparazione del piano di posa dei rilevati.

Nel caso si rendessero necessari volumi di terra vegetale per il rivestimento delle scarpate, eccedenti quelli provenienti dallo scotico del piano di posa dei rilevati, dagli scavi in genere e/o da depositi di materiali di proprietà della Società, la fornitura sarà garantita tramite l'utilizzo di materiale idoneo proveniente da cave di prestito, che sarà contabilizzata con l'articolo d'Elenco prezzi relativo alla fornitura di materiali idonei per la formazione di rilevati.

La computazione per la sistemazione in rilevato di materiali provenienti da cave, da scavi o da depositi, avverrà misurando il totale volume dei rilevati eseguiti secondo le norme indicate nelle presenti Norme per la formazione della sede stradale, nonché degli altri eventuali rilevati per i quali fossero ordinate operazioni analoghe.

Gli articoli dell'Elenco prezzi relativi alle sistemazioni sopracitate prevedono le operazioni, i controlli e le prove tutte prescritte nelle presenti Norme Tecniche.

Si precisa inoltre che nel computo dei volumi dei movimenti di materie, eseguito con il metodo delle sezioni raggugliate, la sagoma nera è quella del terreno naturale riscontrata all'atto del rilievo, ciò perché lo scavo dello scotico ed il ripristino del piano di caMPagna saranno contabilizzati con l'articolo per la preparazione del piano di posa dei rilevati.

Nel caso, invece, di scavo di scotico avente una profondità maggiore dei 20 cm previsti dal relativo articolo, le quantità eccedenti saranno contabilizzate con gli articoli per scavi di bonifica e per riempimento dei medesimi mediante i materiali opportuni.

Le gradonature, da eseguirsi al di sotto del piano di scotico per la preparazione del piano di posa dei rilevati, sui terreni con pendenza maggiore del 20% (come prescritto dalle presenti Norme), saranno contabilizzate con l'articolo d'Elenco prezzi relativo allo scavo di sbancamento per gli scavi necessari alla realizzazione dei gradoni e con gli articoli relativi alla fornitura e sistemazione in rilevato per il riempimento dei medesimi.

Nel caso di rilevati misti, a ciascun strato si applicheranno i relativi articoli d'Elenco prezzi, sia per la fornitura sia per la sistemazione in rilevato, secondo il gruppo d'appartenenza delle terre.

La sistemazione in rilevato delle terre costituenti la coltre vegetale di rivestimento delle scarpate sarà contabilizzata con lo stesso articolo dell'Elenco prezzi applicato per il nucleo del rilevato.

L'articolo dell'Elenco prezzi per la sistemazione in rilevato si applicherà anche agli strati di sottofondazione posti in trincea; la preparazione del loro piano di posa, qualora ordinata, sarà contabilizzata con il relativo articolo di Elenco prezzi.

Dal computo dei volumi dei rilevati si detorranno i volumi delle opere d'arte e dei materiali altrimenti contabilizzati.

Non saranno considerati i cedimenti del piano di posa dei rilevati inferiori a 15 cm, essendosi valutati i corrispondenti oneri nel formulare il relativo articolo.

Quando siano prevedibili cedimenti del piano di posa dei rilevati eccedenti i 15 cm, l'Impresa sottoporrà all'approvazione della Direzione Lavori un programma per l'installazione di piastre assestometriche.

La posa in opera delle piastre e la rilevazione degli eventuali cedimenti saranno fatte a cura e spese dell'Impresa, in contraddittorio con la Direzione Lavori. Saranno computati gli eventuali maggiori volumi di rilevato, fatta eccezione per quelli derivanti dai primi 15 cm di cedimento.

La sistemazione a riempimento di cavi e la formazione di rilevati di precarico saranno misurati in opera e contabilizzati con i relativi articoli di Elenco prezzi; analogamente la eventuale fornitura di materiali idonei provenienti da cave di prestito per il riempimento di cavi e per i rilevati di precarico, sarà misurata in opera dopo l'addensamento.

Il volume dei materiali, di proprietà della Società, prelevati da depositi, caricati, trasportati e scaricati a rilevato, sarà computato sul materiale misurato in opera dopo la compattazione.

Gli oneri per l'esecuzione dei rilevati di prova, eventualmente richiesti dalla Direzione Lavori, sono a carico dell'Impresa.

L'onere per la stabilizzazione a cemento del rilevato a tergo delle murature e la relativa fornitura del cemento troveranno applicazione nei relativi articoli di Elenco prezzi.

#### **15.4. PALI DI FONDAZIONE**

Le caratteristiche strutturali e geometriche dei pali e dei singoli componenti dovranno essere conformi alle caratteristiche progettuali entro le tolleranze previste dalle presenti Norme.

Maggiorazioni volumetriche o migliori caratteristiche meccaniche dei materiali, non richieste dalla Direzione Lavori, saranno computate e contabilizzate per le caratteristiche previste in progetto. L'esecuzione di pali inclinati sino a 15° rispetto alla verticale non darà luogo a maggiorazione alcuna.

La lunghezza dei pali prefabbricati, ai fini della computazione, comprende anche la parte appuntita.

Quando il palo abbia raggiunto la capacità portante prima che la punta sia stata infissa fino alla profondità prevista dal progetto, il palo sarà reciso a cura e spese dell'Impresa, ma nel computo sarà tenuto conto della lunghezza di progetto.

La lunghezza per tutti i pali costruiti in opera (pali battuti, micropali e pali trivellati a medio e a grande diametro) sarà quella accertata mediante misurazione dalla quota di sottoplinto fino alla massima profondità misurata, in contraddittorio tra Direzione Lavori e Impresa e con stesura di un verbale di misurazione immediatamente prima del getto; tale lunghezza dovrà risultare conforme al progetto con la tolleranza riportata nel Capitolo 10.

Nei relativi articoli di Elenco prezzi si intendono comprese tutte le prestazioni, forniture ed oneri per dare i pali completi in opera secondo le previsioni di progetto e le prescrizioni delle presenti Norme.

Sono compresi tra gli altri:

- la preparazione del piano di lavoro ed i tracciamenti;
- l'eventuale scavo a vuoto;
- il carico e trasporto a rifiuto dei materiali di risulta, compreso il trattamento dei fanghi secondo le leggi vigenti;
- tutte le prove (di carico, vibrazionali, geofisiche, sulle caratteristiche dei fanghi bentonitici, sui pali prova, di carico sul palo, a rottura sui cubetti di conglomerato cementizio, carotaggi, ultrasuoni, scavi attorno al fusto del palo, ecc.), i controlli e la documentazione dei lavori, secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche.

Sono esclusi:

- ad eccezione dei micropali per i quali l'onere della perforazione è compensata direttamente nel relativo prezzo e dei pali battuti, l'eventuale impiego di speciali attrezzature, anche fresanti, per l'attraversamento di trovanti in roccia dura non estraibili con i normali metodi di scavo e per l'immorsatura del palo nel substrato di base in roccia dura, oltre la profondità eccedente il diametro del palo stesso;
- l'eventuale fornitura della controcamicia in lamierino per i pali a grande diametro;
- la fornitura e posa in opera dell'armatura metallica;
- la preparazione per il piano di lavoro in alveo;

che saranno contabilizzati con i relativi articoli dell'Elenco prezzi.

Qualora dovesse sorgere la necessità di sostituire un palo per ovviare ad inconvenienti o ad errori, non sarà corrisposto all'Impresa alcun compenso per il palo abbandonato, mentre dei pali che lo sostituiscono ne sarà computato uno soltanto.

#### **15.5. TRATTAMENTI COLONNARI (COLONNE CONSOLIDATE JET-GROUTING E COLONNE IN GHIAIA)**

Caratteristiche strutturali e geometriche dei trattamenti colonnari dovranno essere conformi alle caratteristiche progettuali entro le tolleranze previste dalle presenti Norme, con l'avvertenza che maggiori lunghezze, maggiorazioni volumetriche o migliori resistenze meccaniche non richieste formalmente dalla Direzione Lavori saranno computate e contabilizzate per le caratteristiche previste in progetto.

La lunghezza delle colonne sarà misurata in base alla profondità raggiunta dalla batteria di aste di iniezione, dedotto il tratto di perforazione a vuoto.

Nei relativi articoli di Elenco prezzi si intendono comprese tutte le prestazioni, forniture ed oneri per dare i trattamenti colonnari completi in opera secondo le previsioni di progetto e le prescrizioni delle presenti Norme.

Sono compresi tra gli altri:

- le preparazioni del piano di lavoro ed i tracciamenti;
- l'impiego del rivestimento provvisorio
- gli oneri connessi a particolari difficoltà esecutive quali la presenza di acque sotterranee, trovanti ed acclività di pendici
- il carico e trasporto a rifiuto dei fanghi di risulta, compreso il loro trattamento secondo le leggi vigenti;
- tutte le prove (di carico, vibrazionali, geofisiche, sulle caratteristiche dei fanghi bentonitici, sulla colonne prova, di carico sulle colonne, a rottura sui cubetti di conglomerato cementizio, carotaggi, ultrasuoni, scavi attorno al fusto delle colonne, ecc.), i controlli e la documentazione dei lavori, secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche.

Sono esclusi:

- la perforazione a vuoto;
- la fornitura e posa in opera dell'armatura metallica;

che saranno contabilizzati con i relativi articoli dell'Elenco prezzi.

Per la valutazione della penale prevista, quando la verifica da parte del Progettista abbia dato esito positivo, il trattamento colonnare sarà accettato, ma il lotto non soddisfacente i requisiti, sarà decurtato del 15% del suo valore.

In caso di esito negativo l'Impresa sarà tenuta a sua totale cura e spesa al rifacimento dei trattamenti oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi, dovranno essere formalmente approvati dal Progettista.

## **15.6. CONGLOMERATI CEMENTIZI**

### **15.6.1. Conglomerati cementizi**

I conglomerati cementizi, siano essi di fondazione od in elevazione, semplici od armati, normali o precompressi, saranno computati a volume con metodi geometrici, secondo i corrispondenti tipi e classi, in base alle prescrizioni di cui alle precedenti Norme Tecniche, effettuando le misurazioni di controllo sul vivo, esclusi gli intonaci ove prescritti e dedotti i vani od i materiali di differente natura in essi compenetrati che dovranno essere contabilizzati con i relativi articoli previsti dall'Elenco prezzi.

In ogni caso non si dedurranno i volumi del ferro d'armatura, dei cavi per la precompressione ed i vani di volume minore od uguale a 0,20 m<sup>3</sup> ciascuno, intendendosi con ciò compreso l'eventuale maggiore magistero richiesto, anche per la formazione di feritoie regolari e regolarmente disposte.

Le strutture d'impalcato alleggerite con vuoti saranno computate per il volume effettivo di calcestruzzo con la deduzione dei vuoti e le casseforme, in qualsiasi modo realizzate, saranno contabilizzate con i relativi articoli d'Elenco prezzi applicati all'intera superficie bagnata.

Gli articoli d'Elenco prezzi comprendono tutti gli oneri descritti nelle presenti Norme Tecniche ed in particolare:

- la fornitura a piè d'opera di tutti i materiali occorrenti (aggregati, leganti, acqua, aggiunte minerali, additivi aeranti, fluidificanti, superfluidificanti, iperfluidificanti, acceleranti, ritardanti, ecc.); la mano d'opera, i ponteggi e le impalcature, le attrezzature e macchinari per la confezione, l'eventuale esaurimento dell'acqua nei casseri, la sistemazione della carpenteria e delle armature metalliche, l'esecuzione dei getti da effettuare senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa impiegando anche manodopera su più turni ed in giornate festive; la vibrazione, la predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature ecc.; la necessità di coordinare le attività qualora la Società dovesse affidare i lavori di protezione superficiale dei conglomerati cementizi a ditte specializzate; il taglio di filo, chiodi, reggette con funzione di legatura di collegamento casseri con la sigillatura degli incavi e la regolarizzazione delle superfici di getto; le prove e i controlli, con la frequenza indicata nelle presenti Norme o prescritta dalla Direzione Lavori e quant'altro occorra per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

Non sono compresi negli articoli di cui sopra gli oneri per:

- le casseforme, salvo quelle occorrenti per murature in conglomerato cementizio con paramento in pietrame, magrone, conglomerato cementizio per opere di fondazione;
- le centinature ed armature di sostegno delle casseforme, salvo quelle per getti di luce retta inferiore a quanto indicato nei relativi articoli di Elenco Prezzi;
- gli acciai di armatura;

che verranno contabilizzati con i relativi articoli di Elenco Prezzi.

In merito alla valutazione della penale prevista, nel caso che la resistenza caratteristica riscontrata risultasse minore di non più del 10% rispetto a quella della classe indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, effettuerà una determinazione sperimentale della resistenza meccanica del conglomerato cementizio in opera e successivamente una verifica della sicurezza.

Nel caso che tale verifica dia esito positivo, il conglomerato cementizio verrà accettato, ma il lotto non soddisfacente i requisiti, verrà decurtato del 15% del suo valore.

Qualora la resistenza caratteristica riscontrata risulti minore di quella richiesta di più del 10%, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spese, alla demolizione e rifacimento dell'opera oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi, dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista.

Nessun indennizzo sarà dovuto all'Impresa se la classe di resistenza risulterà maggiore di quella indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto.

Le stesse modalità verranno applicate ai manufatti prefabbricati.

Nelle opere in cui venissero richiesti giunti di dilatazione o contrazione o giunti speciali aperti a cuneo, secondo i tipi approvati dalla Direzione Lavori, l'onere relativo all'esecuzione della sede del giunto compreso quello di eventuali casseforme, s'intende compreso negli articoli di Elenco per le murature in genere ed i conglomerati cementizi.

Quando sia prevista in progetto o venga prescritta dalla Direzione Lavori la solidarizzazione in opera di travi prefabbricate di ponti e viadotti per la costituzione di impalcati continui, il relativo onere deve intendersi compreso nei prezzi di elenco delle singole lavorazioni relative alla costruzione degli impalcati stessi.

Nel caso di ripristino di elementi strutturali, la Direzione Lavori eseguirà in corso d'opera con la frequenza che riterrà opportuna le prove di controllo dei requisiti.

Qualora dalle prove eseguite risultassero valori inferiori di non più del 10% rispetto a quelli indicati nelle presenti Norme Tecniche o previsti in progetto, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, effettuerà una verifica della sicurezza statica dell'elemento strutturale soggetto a ripristino/adeguamento con i materiali non a norma.

Nel caso che tale verifica dia esito positivo il materiale verrà accettato ma il valore della lavorazione verrà decurtata del 25% per tutte le superfici ed i volumi su cui si è operato e per tutti i prezzi e sovrapprezzi con cui è stata compensata.

Qualora i valori risultassero minori di oltre il 10% rispetto a quelli richiesti e nel caso in cui sussistano contemporaneamente più difetti, qualunque siano i valori di scostamento riscontrati rispetto alle previsioni progettuali, l'Impresa sarà tenuta a sua totale cura e spese alla rimozione dei materiali già posti in opera ed al loro ripristino.

In caso si evidenziassero micro fessure, se l'incidenza dell'area fessurata risulterà inferiore al 20% dell'area totale di intervento, verrà applicata su tali superfici o volumi, la penale del 25% per tutti i prezzi e sovrapprezzi con cui è stato compensato il lavoro risultato non idoneo.

Se l'incidenza dell'area fessurata sarà superiore al suddetto 20%, l'Impresa dovrà procedere, a sua cura e spese, alla rasatura e alla protezione della superficie con filmogeni, di tipologia da concordare con la Direzione Lavori, in accordo con il Progettista.

Le superfici risonanti a vuoto con il controllo al martello verranno verificate in contraddittorio e su di esse verrà applicata la penale del 25% per tutti i prezzi e sovrapprezzi con cui è stato compensato il lavoro risultato non idoneo, salvo richiesta della Direzione Lavori di far effettuare, a cura e spese dell'Impresa, le asportazioni ed il rifacimento del ripristino delle superfici risonanti.

Nel caso di sistemi protettivi filmogeni, qualora dalle prove eseguite, risultassero valori inferiori rispetto a quelli richiesti, l'Impresa sarà tenuta a sua totale cura e spese alla sostituzione dei materiali già posti in opera.

In corso d'opera la Direzione Lavori effettuerà controlli dello spessore sul film umido<sup>10</sup> della singola mano applicata con le seguenti modalità:

- misura dello spessore mediante "pettine" d'idonea graduazione secondo le specifiche dell'ASTM D 4414 (o D 1212);
- per superfici globali da proteggere inferiori a 2000 m<sup>2</sup> almeno una serie di 20 misure;
- per superfici globali da proteggere superiori a 2000 m<sup>2</sup> almeno una serie di 40 misure;
- la serie di misure sarà, se possibile, omogeneamente distribuita sulla superficie da verificare ed il suo valore medio non dovrà essere minore di quello di progetto. Nel caso risulti un valore medio inferiore allo spessore di progetto, l'Impresa, a sua cura e spese, provvederà ad integrare lo spessore mancante mettendo in atto tutti gli accorgimenti necessari per la buona riuscita dell'integrazione.

#### **15.7. CASSEFORME - ARMATURE - CENTINATURE - VARO TRAVI PREFABBRICATE**

Casseforme, armature di sostegno, centinature e varo di travi prefabbricate saranno contabilizzate a parte, solo per quanto sia esplicitamente indicato negli articoli d'Elenco prezzi. Tali articoli d'Elenco prezzi comprendono tutti gli oneri, le forniture e le prestazioni relative a materiali, mano d'opera, noli, armo, disarmo, sfrido, trasporti, disarmanti ecc..

---

<sup>10</sup> Lo spessore di film umido, corrispondente allo spessore di film secco previsto in progetto, si ottiene moltiplicando lo spessore di film secco per 100 e dividendo per il valore dei solidi in volume del prodotto da applicare (derivato dalla scheda tecnica del prodotto), il valore ottenuto verrà arrotondato alla decina.

### **15.7.1. Casseforme**

Le casseforme saranno computate in base allo sviluppo delle facce interne a contatto del conglomerato cementizio, ad opera finita.

### **15.7.2. Armature**

Gli oneri per le armature di sostegno delle casseforme per getti in opera di conglomerato cementizio semplice od armato, normale o precompresso, per impalcati, piattabande e travate e quelle di sostegno delle centine per archi o volte, di luce retta fino a 2,00 m, misurata al piano d'imposta lungo l'asse mediano dell'opera, sono compresi negli articoli dell'Elenco Prezzi relativi ai conglomerati cementizi.

Le armature di luce retta superiore a 2,00 m saranno computate per classi di luci, secondo le indicazioni contenute nei relativi articoli dell'Elenco prezzi.

La superficie dell'armatura di ciascuna luce sarà determinata in proiezione orizzontale misurandola in lunghezza, al piano d'imposta lungo l'asse mediano dell'opera, fra i fili interni dei sostegni ed in larghezza, normalmente all'asse mediano dell'opera, fra i fili esterni dell'impalcato.

Quando l'altezza media di ciascuna luce, misurata fra l'intradosso dell'opera (impalcato, piattabanda, travata, sostegno di centine d'archi o volte) ed il piano di campagna in corrispondenza dell'asse mediano dell'opera stessa superi l'altezza di 10 m, si determinerà l'incremento, previsto dagli articoli d'Elenco prezzi per le armature, applicando la maggiorazione in percentuale, per altezze medie delle armature superiori ai 10 m, tante volte quante sono le zone di 5 m eccedenti i primi 10 metri.

Saranno computate anche le armature di sostegno delle casseforme per il getto in opera di conglomerato cementizio di parti aggettanti dalle strutture in elevazione, quali ad esempio le orecchie delle spalle d'opere d'arte e gli sbalzi laterali delle pile.

In questi casi gli articoli saranno contabilizzati applicando quelli corrispondenti a luci convenzionali, uguali a due volte la lunghezza dello sbalzo (misurata lungo il suo asse mediano tra il filo d'incastro ed il filo esterno dello sbalzo stesso) e la superficie alla quale detto articolo dovrà essere applicato sarà quella determinata, in proiezione orizzontale, dalla lunghezza dello sbalzo, misurata come sopra e dalla larghezza misurata normalmente all'asse mediano dello sbalzo.

### **15.7.3. Attrezzature speciali autovaranti e autoportanti per l'esecuzione in opera d'impalcati di ponti e viadotti**

Le attrezzature speciali autovaranti, per l'esecuzione in opera a qualsiasi altezza d'impalcati di ponti e viadotti, a cassone o a piastra, in c.a. o in c.a.p., anche a sezione variabile, saranno computate a metro quadrato di proiezione dell'impalcato stesso, misurando la luce fra gli assi degli appoggi.

Le attrezzature speciali autoportanti, per l'esecuzione d'impalcati a cassone di ponti e viadotti in c.a.p. gettati in opera a sbalzo per conci successivi a sezione variabile, saranno computate a metro quadrato di proiezione dell'impalcato stesso, misurando la lunghezza degli sbalzi dal filo esterno della struttura di pila fino all'estremità libera o fino all'attacco con gli sbalzi adiacenti.

Nei relativi articoli dell'Elenco prezzi sono compresi tutti gli oneri, le forniture e le prestazioni occorrenti; tra gli altri in particolare:

- eventuali diritti di brevetto;
- trasporto, montaggio in opera, smontaggio e ripresa delle attrezzature;
- il nolo d'attrezzature complementari (carri porta ferro, carrelli auto varanti, centraline idrauliche, motorizzazioni, ponteggi ecc.);
- eventuali fermi conseguenti a specifiche modalità d'impiego.

L'applicazione degli articoli dell'Elenco prezzi per l'impiego delle attrezzature speciali auto varanti e autoportanti naturalmente esclude l'utilizzo degli articoli per gli altri tipi d'armature di sostegno e loro maggiorazioni, compresi quelli per eventuali armature di sostegno di casseforme all'interno dei cassoni stessi.

Sono escluse soltanto le casseforme da contabilizzare a parte con i relativi articoli.

#### **15.7.4. Varo di travi prefabbricate in c.a. o c.a.p. - Armatura di sostegno per getto di solette e traversi su travi varate**

Quando nell'esecuzione d'impalcati sono impiegate travi costruite fuori opera in c.a. o in c.a.p., di luce superiore a 2,0 m, il loro sollevamento, trasporto e collegamento in opera a qualsiasi altezza, sarà contabilizzato con i relativi articoli dell'Elenco prezzi.

Se in una stessa opera d'arte sono impiegate travi di luci diverse, gli aumenti o le detrazioni per variazioni del numero delle travi, saranno applicate separatamente per gruppi di travi rientranti nella stessa classe di luci.

Per luci inferiori a 2,0 m, l'onere di sollevamento, trasporto e collocamento in opera è compreso negli articoli dell'Elenco prezzi relativi ai conglomerati cementizi.

L'armatura di sostegno di casseforme per getti in opera, a qualsiasi altezza, di solette su travi varate in c.a., c.a.p. o acciaio, anche per le parti a sbalzo, sarà computata in base alla superficie determinata misurando in larghezza, normalmente all'asse delle travi, la distanza tra i bordi delle travi o tra il bordo della trave ed il filo esterno dello sbalzo ed in lunghezza la distanza fra le testate della soletta misurata parallelamente all'asse delle travi. L'articolo di cui sopra comprende anche l'onere per la fornitura e messa in opera dell'armatura di sostegno delle casseforme per il getto dei traversi.

L'armatura di sostegno per le dalle impiegate come casseforme a perdere sarà contabilizzata con l'articolo dell'Elenco prezzi relativo alle armature di sostegno di casseforme per getto in opera di solette e traversi su travi varate.

#### **15.8. ACCIAIO PER C.A. E C.A.P.**

L'acciaio in barre per armatura di conglomerati cementizi sarà computato in base al peso teorico dei vari diametri nominali indicati nei progetti esecutivi, trascurando le quantità superiori alle indicazioni di progetto, le legature, gli eventuali distanziatori e le sovrapposizioni per le giunte non previste o non necessarie, intendendosi come tali anche quelle che collegano barre di lunghezza inferiore a quella commerciale.

Il peso degli acciai sarà determinato con metodo analitico misurando lo sviluppo teorico di progetto d'ogni barra e moltiplicandolo per la corrispondente massa lineica nominale indicata nel prospetto IV della Norma UNI 6407/88.

Essendo equivalenti i diametri e le aree delle sezioni nominali delle barre nervate a quelli delle barre lisce, per la computazione sarà adottata per entrambi la medesima massa lineica nominale.

Per le barre d'acciaio zincato che non soddisfano i requisiti relativi alla prova di Preece per la determinazione dell'uniformità dello spessore dello zinco, sarà applicata una penale di 0,03 €/Kg (Euro zero/03 a chilogrammo).

Nel caso che il materiale non risulti idoneo, sarà allontanato dal cantiere, a cura e spese dell'Impresa.

Il peso dell'acciaio per strutture in conglomerato cementizio armato precompresso con il sistema a cavi scorrevoli sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto dei cavi, compreso tra le facce esterne degli apparecchi di bloccaggio, per il numero dei fili componenti il cavo e per il peso unitario dei fili stessi, calcolato in funzione del diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio di 7,85 kg/dm<sup>3</sup>.

Il peso dell'acciaio per strutture in conglomerato cementizio armato precompresso con il sistema a fili aderenti sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto dei fili, compreso tra le facce esterne delle testate della struttura, per il peso unitario dei fili, calcolato in funzione del loro diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio di 7,85 kg/dm<sup>3</sup>.

Il peso di trefoli o trecce di acciaio per strutture in c.a.p. sarà determinato moltiplicando il loro sviluppo teorico, compreso tra le facce esterne degli apparecchi di bloccaggio, per il peso dell'unità di misura determinato mediante pesatura.

Il peso dell'acciaio in barre per calcestruzzi precompressi sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto delle barre, compreso tra le facce esterne degli apparecchi di ancoraggio, per il peso unitario della barra, calcolato in funzione del diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio di 7,85 kg/dm<sup>3</sup>.

L'articolo di Elenco prezzi dell'acciaio per strutture in conglomerato cementizio armato precompresso comprende la fornitura dell'acciaio, tutti gli oneri necessari per dare l'acciaio in opera a perfetta regola d'arte ed inoltre:

a) per il sistema a cavi scorrevoli:

la fornitura e posa in opera delle guaine, comprese le relative giunzioni con legature per mezzo di nastro adesivo; la fornitura e posa in opera dei ferri distanziatori dei cavi e 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; le legature dei fili, trecce e trefoli costituenti ciascun cavo con nastro adesivo ad intervalli di 70 cm; le iniezioni di boiaccia di cemento a ritiro compensato nelle guaine dei cavi; le teste e le piastre di ancoraggio; la mano d'opera, i mezzi ed i materiali per la messa in tensione di cavi e per il bloccaggio dei dispositivi;

b) per il sistema a fili aderenti:

la fornitura e posa in opera dei dispositivi di posizionamento dei fili all'interno della struttura, degli annessi metallici ed accessori di ogni tipo; la mano d'opera, i mezzi ed i materiali necessari per la messa in tensione dei fili, per il bloccaggio degli stessi e per il taglio a stagionatura avvenuta della struttura, delle estremità dei fili non annegate nel conglomerato cementizio; la perfetta sigillatura con malta dosata a 300 kg di cemento per metro cubo di sabbia, delle sbrecciature nell'intorno dei fili tagliati sulla superficie delle testate della struttura;

c) per il sistema a barre:

eventuali diritti doganali e di brevetto; il trasporto; la fornitura e posa in opera di guaine, ancoraggi, manicotti ed accessori di ogni genere; la mano d'opera, i mezzi ed i materiali per la messa in tensione delle barre nonché per il bloccaggio dei dispositivi; le iniezioni di boiaccia di cemento a ritiro compensato nelle guaine; ecc..

## **15.9. MURI IN ELEMENTI PREFABBRICATI - STRUTTURE DI SOSTEGNO - PANNELLI DI RIVESTIMENTO PREFABBRICATI**

### **15.10. INTONACO - IMPERMEABILIZZAZIONI - TRATTAMENTO IMPREGNANTE DI SUPERFICI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO - CONGLOMERATO CEMENTIZIO SPRUZZATO PER RIVESTIMENTO DI PARETI**

Intonaci verticali, orizzontali, piani o curvi, saranno computati a metro quadrato di superficie effettiva, misurata al civile, detraendo soltanto i vani di superficie superiore a 1,00 m<sup>2</sup>.

I relativi articoli di Elenco prezzi comprendono anche l'onere della esecuzione in più strati; della fornitura e posa in opera di paraspigoli; della chiusura e rifinitura di tracce; della ripresa in corrispondenza di pavimenti, zoccolature, rivestimenti, serramenti, ecc.; della eventuale esecuzione di gusci di raccordo tra pareti e soffitti, se richiesta; della eventuale fornitura di additivi.

L'intonaco ed il trattamento impregnante di superfici in conglomerato cementizio saranno computati per la loro superficie effettiva, piana o curva, senza effettuare detrazioni per vani di superficie inferiore a 1,00 m<sup>2</sup> e senza tenere conto di rientranze o sporgenze dal vivo inferiore a 10 cm.

Il conglomerato cementizio spruzzato per il rivestimento di pareti di pozzi di fondazione, di scavi in genere o di pendici, sarà computato per i volumi convenzionalmente risultanti dalle superfici effettivamente da rivestire per gli spessori teorici previsti.

La rilevazione per il controllo degli spessori medi dovrà essere fatta su un reticolo di un metro di lato.

I relativi articoli di Elenco prezzi comprendono tutti gli oneri ivi richiamati ed inoltre quelli relativi agli eventuali ponteggi ed impalcature occorrenti.

Solo escluso eventuali armature metalliche da contabilizzare a parte con i relativi articoli di Elenco.

#### **15.10.1. Impermeabilizzazioni in cartonghesso bitumato e in mastice d'asfalto sintetico e manti impermeabili costituiti da membrane a base bituminosa**

Saranno computati in superficie effettiva, piana o curva, orizzontale, verticale o comunque inclinata, senza tenere conto delle sovrapposizioni e degli sfridi.

I relativi articoli di Elenco prezzi comprendono anche tutte le forniture, prestazioni ed oneri, in essi compresi la preparazione dei piani di posa, la fornitura e stesa di primer, la formazione di risvolti e colli di raccordo.

#### **15.10.2. Manti impermeabili di copertura costituiti da fogli in PVC o in gomma sintetica**

Saranno computati in proiezione orizzontale della superficie netta coperta.

I relativi articoli di Elenco prezzi comprendono anche i risvolti perimetrali, il fissaggio alle strutture sottostanti con coprifilo in profilato estruso di alluminio, i pezzi speciali saldati al manto per il convogliamento dell'acqua ai pluviali, eventuali griglie parafoglie, i collari per il raccordo con le strutture emergenti, la prova di tenuta dei giunti, le sovrapposizioni e quant'altro occorrente per dare i manti finiti.

### **15.10.3. Impermeabilizzazione di impalcati e gallerie artificiali**

Le impermeabilizzazioni di impalcati e di gallerie artificiali saranno computate per la loro superficie effettiva, che dovrà essere conforme alle previsioni di progetto.

### **15.11. MANUFATTI METALLICI**

I manufatti d'acciaio, di qualsiasi genere e per ogni utilizzo, composti da lamiere, lamiere ondulate, profilati, tubi, barre, getti di fusione, ecc., saranno contabilizzati secondo i relativi articoli d'Elenco prezzi e computati in base al loro peso, che dovrà essere determinato prima della posa in opera mediante pesatura in contraddittorio tra Direzione Lavori ed Impresa, con stesura d'apposito verbale controfirmato dalle parti.

Rispetto al peso teorico, determinato sulla base delle distinte dei materiali riportate nei disegni di progetto, è ammessa una tolleranza in più o in meno del 4% (quattro per cento); detta tolleranza non si applica nel caso d'appalti a corpo. Se il peso effettivo sarà inferiore al peso teorico diminuito della tolleranza, la Direzione Lavori non accetterà la fornitura.

Se il peso effettivo sarà invece superiore al peso teorico aumentato della tolleranza, sarà computato solo il peso teorico aumentato del valore di tolleranza.

Ogni operazione di pesatura dovrà riferirsi a parti di uno stesso manufatto. È pertanto esclusa la pesatura cumulativa d'elementi appartenenti a manufatti diversi, anche quando si tratta di controventi, piastrame, bullonerie, rosette, ecc.. I relativi articoli d'Elenco prezzi comprendono: la fornitura di tutti i materiali; la lavorazione secondo i disegni costruttivi; la posa ed il fissaggio in opera; la sabbiatura e la sua eventuale ripetizione in caso di formazione di ruggine; la verniciatura secondo i cicli previsti; ogni altra fornitura, prestazione ed onere per dare l'opera compiuta a perfetta regola d'arte.

Nel caso di manufatti di ponti e viadotti costituiti da acciai di tipo diverso, si determineranno preventivamente, sulla base delle distinte dei materiali sopraccitate, le incidenze di ciascun tipo d'acciaio, da contabilizzare con i corrispondenti articoli d'Elenco.

Per i manufatti d'acciaio, sui materiali presenti in cantiere a piè d'opera, già verificati tecnologicamente, come dimensione e pesati a cura della Direzione Lavori, potrà essere corrisposto un acconto pari al 50% dell'importo determinato sulla base dei prezzi offerti dall'Impresa.

Le dimensioni e gli spessori dei manufatti da computare in metri quadrati di superficie effettiva dovranno essere corrispondenti ai disegni di progetto.

Se la superficie effettiva risulterà inferiore a quella teorica di progetto, la Direzione Lavori non accetterà la fornitura; se invece la superficie effettiva risulterà superiore a quella teorica di progetto sarà computata solo quella teorica ferma restando la facoltà della Direzione Lavori di chiedere il rispetto dimensionale dei manufatti.

S'intendono comunque compresi nei relativi articoli d'Elenco prezzi gli oneri per: le lavorazioni quali, le forature, le saldature, le bullonerie, le piastre, i relativi sfridi, le opere murarie compresi i collegamenti strutturali e gli ancoraggi, anche con l'impiego di malta reoplastiche, le finiture con sabbiature di grado SA 2½ della SVENSK STANDARD SIS, la sgrassatura, la zincatura, la verniciatura secondo i cicli previsti.

Nel caso di manufatti di ferro per cancelli, cancellate e parapetti, sono compresi negli oneri le serrature e le ferramenta di manovra per i cancelli, i corrimano rivestiti di plastica per i parapetti.

### **15.12. FONDAZIONI STRADALI**

Le fondazioni stradali saranno computate a volume, in opera dopo il compattamento. Il calcolo del volume sarà fatto assumendo la larghezza teorica di progetto, senza tenere conto d'eventuali eccedenze, misurando la lunghezza sull'asse mediano di ciascuna carreggiata e determinando lo spessore medio sulla base di sondaggi eseguiti a cura ed a spese dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori escludendo le eccedenze rispetto allo spessore teorico di progetto.

Il materiale fresco d'apporto per l'esecuzione di fondazioni in misto granulometricamente stabilizzato con materiali provenienti dalla demolizione d'esistenti fondazioni stradali sarà computato a volume, misurato a piè d'opera prima del compattamento.

#### **15.13. CONGLOMERATI BITUMINOSI**

I conglomerati bituminosi per gli strati di base, di collegamento (binder) e d'usura saranno computati sulla base delle quantità effettivamente eseguite, senza tenere conto d'eventuali eccedenze rispetto alle quantità teoriche di progetto, sia per quanto si riferisce a volumi e superfici che per gli spessori dei singoli strati.

I relativi articoli dell'Elenco prezzi comprendono tutte le forniture, prestazioni ed oneri in essi richiamati e nelle presenti Norme.

#### **15.14. CANALETTE - MANTELLATE - RIVESTIMENTO DI CUNETTE E FOSSI - MANUFATTI TUBOLARI IN LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA**

Le canalette ad embrice saranno computate misurando l'effettivo sviluppo lungo il loro asse senza tenere conto della sovrapposizione tra gli elementi.

Il relativo articolo d'Elenco prezzi comprende anche lo scavo, il costipamento del terreno d'appoggio ed il bloccaggio con tondini infissi in terra.

Le mantellate di rivestimento, tanto quelle in lastre quanto quelle a grigliato articolato, saranno computate in base alla loro superficie effettiva. I relativi articoli dell'Elenco prezzi comprendono anche tutte le prestazioni e le forniture previste dalle presenti Norme.

Il rivestimento di cunette e fossi di guardia sarà computato in base all'effettiva superficie in vista, misurata fra i fili interni del rivestimento stesso. I relativi articoli d'Elenco prezzi comprendono tutte le forniture, prestazioni ed oneri ivi indicati.

I manufatti tubolari per tombini e sottopassi in lamiera d'acciaio ondulata e zincata saranno computati in base al loro peso, determinato prima della posa in opera mediante pesatura, secondo il disposto delle presenti Norme.

#### **15.15. OPERE IN VERDE**

La sistemazione superficiale del terreno coltivo delle aiuole sarà computata in base alla sua superficie effettiva.

La fornitura d'idoneo terreno vegetale sarà computata in base all'effettivo volume, misurato dopo l'assestamento.

Semine, idrosemine e rivestimenti di scarpate saranno computate per le effettive superfici trattate; i relativi articoli d'Elenco prezzi comprendono tutti gli oneri attinenti alla preparazione del terreno, alla fornitura di tutti i materiali occorrenti quali: seme, fertilizzanti, materiale per il fissaggio e la protezione del seme, acqua, ecc.; il nolo della speciale attrezzatura di proiezione ed ogni altra prestazione, fornitura ed onere necessario.

La fornitura e messa a dimora di piante prive di deformazioni, ferite, attacchi parassitari in corso o passati, con chioma ben ramificata, equilibrata e uniforme, devono avere le caratteristiche dettagliate nelle presenti Norme Tecniche; d'altezza, sviluppo e caratteristiche come specificate in progetto, compreso ogni onere, provvista e manutenzione.

Le forniture relative ai singoli taxon sono riferite, come specificato negli articoli d'Elenco prezzi, a piante arboree allevate e fornite in contenitore oppure fornite in zolla o a radice nuda.

Le dimensioni dei contenitori e/o delle zolle, nel caso in cui sia espressamente richiesta la fornitura in tale forma, dovranno essere proporzionate alle dimensioni delle singole piante.

Le zolle devono essere imballate, per non pregiudicarne la consistenza, con appositi involucri: juta, teli di plastica, ecc.; tali involucri di protezione dovranno essere imprescindibilmente rinforzati, qualora le singole piante superino altezze di 3,50 m, con rete metallica, con pellicola di plastica porosa o altro materiale equivalente.

Le piante fornite in contenitore devono avere l'apparato radicale completamente compenetrato in questo, tale cioè da non fuoriuscirne; l'apparato radicale deve in ogni modo presentarsi, sia in piante allevate in contenitore sia in zolla, ben accestito, ricco di ramificazioni, con capillizi freschi e sani ed esente da infestazioni patologiche in corso o passate.

Le piante arbustive di qualsiasi genere e di qualsiasi tipo di fornitura (radice nuda, zolla e contenitore) dovranno avere un minimo di 3 fusti al colletto.

La protezione di scarpate in trincea mediante stuoie o reti sarà computata in base all'effettiva superficie protetta, senza tenere conto delle sovrapposizioni dei teli.

I relativi articoli dell'Elenco prezzi comprendono anche le forniture, prestazioni ed oneri elencati nelle presenti Norme.

#### **15.16. SEGNALETICA VERTICALE ED ORIZZONTALE**

Le quantità dei lavori saranno determinate con metodi geometrici in relazione a quanto previsto nell'Elenco Prezzi.

I lavori saranno liquidati in base alle misure fissate, anche se dalle misure di controllo rilevate dagli incaricati dovessero risultare spessore, lunghezze e superfici effettivamente superiori; soltanto nel caso che la Direzione Lavori abbia ordinato in corso d'opera, per iscritto, tali maggiori dimensioni se ne terrà conto nella contabilizzazione.

In nessun caso saranno tollerate dimensioni minori di quelle previste e l'Impresa sarà chiamata ad eseguirne il rifacimento a sua cura e spese.

Le misure saranno prese in contraddittorio, a mano a mano che si procederà all'esecuzione delle opere e riportate su apposito libretto che sarà firmato dagli incaricati della Direzione dei Lavori e dell'Impresa.

Resta sempre salva, in ogni caso, la possibilità di verifica e di rettifica in occasione delle operazioni di liquidazione finale dei lavori.

##### **15.16.1. Segnaletica verticale**

- a) L'area dei pannelli metallici di qualsiasi forma e consistenza deve essere misurata rilevando la superficie netta della faccia anteriore dei pannelli stessi, non tenendo conto dei risvolti costituenti l'eventuale scaturatura, ad esclusione dei dischi e triangoli, che saranno computati a numero;
- b) qualora lo spessore della lamiera fosse inferiore a quello stabilito, la Direzione Lavori ordinerà la sua completa sostituzione con lamiere dello spessore richiesto; tale operazione sarà eseguita a cura e spese dell'Impresa. Resta inteso che l'accertamento dello spessore del pannello deve essere eseguito al netto di pellicole;
- c) i metalli lavorati e sagomati per l'intelaiatura dei pannelli devono essere valutati a peso e dati in opera completi d'ogni onere per il fissaggio e l'irrigidimento;
- d) i pali devono essere valutati a peso, dati a piè d'opera.

##### **15.16.2. Segnaletica orizzontale**

- a) L'area delle strisce continue od intermittenzi, dei contorni d'isole e delle frecce direzionali sarà valutata in base all'effettiva superficie verniciata;
- b) l'area delle zebbrature sarà valutata a vuoto per pieno qualora il rapporto vuoto/pieno dell'intera superficie zebra sia inferiore o uguale a 2/1. Nel caso in cui detto rapporto sia maggiore di 2/1, sarà computata la sola superficie verniciata;
- c) l'area delle lettere sarà valutata misurando la superficie del parallelogramma ortogonale che circonda ogni singola lettera.

L'eventuale rimozione della segnaletica orizzontale sarà computata sempre per l'effettiva superficie rimossa, fatta eccezione per le scritte che saranno valutate misurando la superficie del parallelogramma ortogonale che circonda ogni singola lettera.

#### **15.17. TUBAZIONI, FOGNATURE, MANUFATTI**

##### **15.17.1. Generalità**

Gli articoli d'Elenco prezzi relativi alle varie tubazioni: per esalazioni, per scarichi e fognature, comprendono gli oneri per:

- la realizzazione dei giunti, compreso gli accessori quali collanti, manicotti, saldature, collari di presa, raccorderia, ecc.;
- la compenetrazione dei tubi maschio-femmina;
- tagli, sfridi, ecc..

Inoltre per le tubazioni:

- a) incassate nella muratura:** l'apertura e chiusura delle tracce ed eventuali fori per l'attraversamento di pareti e/o solai;
- b) a vista, staffettate alle strutture portanti:** i collari, le staffe d'ancoraggio che potranno essere saldate, imbullonate o inghisate alle strutture, compreso gli accessori di posa;
- c) interrate:** la selezione del materiale fino, la regolarizzazione del fondo scavo, la preparazione del letto di posa, il rivestimento ed il successivo reinterro con il materiale di risulta.

I pezzi speciali saranno computati ragguagliandoli al tubo di pari diametro, secondo le seguenti misure:

- 1,00 m per curve, gomiti e cappellotti terminali;
- 1,25 m per braghe semplici e giunti a squadra;
- 1,75 m per braghe doppie e giunti a croce;
- 6,00 m per braghe multiple e sifoni;
- 1,00 m del diametro minore per riduzioni.

#### **15.17.2. Tubazioni in PVC rigido**

Saranno computate a metro di lunghezza effettiva, compresi gli oneri previsti nei relativi articoli d'Elenco Prezzi.

#### **15.17.3. Tubazioni in polietilene ad alta densità**

Saranno computate a metro di lunghezza effettiva senza tener conto delle compenetrazioni in corrispondenza dei giunti. I prezzi comprendono e compensano anche gli oneri per l'esecuzione dei giunti e la fornitura di collari e staffe d'ancoraggio, murate, saldate o imbullonate alle strutture portanti.

#### **15.17.4. Tubi in cemento pressato per fognature**

Saranno computati a metro di lunghezza effettiva, compresi gli oneri previsti nei relativi articoli d'Elenco Prezzi.

#### **15.17.5. Pozzetti**

##### **a) prefabbricati in c.a.v.:**

saranno computati a numero, compresi il collegamento con le tubazioni in entrata ed in uscita e tutti gli altri oneri previsti nei relativi articoli d'Elenco Prezzi.

##### **b) con pareti in muratura:**

saranno computati a metro cubo vuoto per pieno; misurazione: in pianta sul filo esterno delle murature; in altezza dal piano di posa della platea di fondo alla sommità della muratura. L'articolo si applica limitatamente a pozzetti aventi volumi, valutati come sopra, compresi fra 2 e 4 m<sup>3</sup>. Compreso anche lo scavo; solo escluso la fornitura e posa in opera del chiusino da contabilizzare con l'articolo relativo.

#### **15.17.6. Vasche**

Le vasche settiche tipo IMHOFF, le vasche per il trattamento e depurazione biologica delle acque nere e i disoleatori, saranno computate a numero. I relativi articoli d'Elenco prezzi comprendono tutti gli oneri ivi richiamati. Solo escluso lo scavo da contabilizzare con l'articolo dello scavo di fondazione.